UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FoDAMI
FORO DOCENTE DEL ÁREA MECÁNICA DE LAS INGENIERIAS

TRABAJOS

III CAIM 2012

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

Plaun, Leonardo
Trabajos CAIM 2012 : enseñanza . - 1a ed. - Buenos Aires :
Centro de Estudiantes de Ingeniería Tecnológica - CEIT, 2013.

E-Book. **ISBN 978-987-1978-04-5**

1. Ingeniería Mecánica. 2. Actas de Congresos. I. Título **CDD 621**

Fecha de catalogación: 06/06/2013

ÁREA TEMÁTICA **A**

ENSEÑANZA

III CAIM 2012
Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
XXV REUNIÓN CIENTÍFICA ACADÉMICA del FoDAMI

		A ENSEÑANZA	
N	CODIGO	TITULO DEL TRABAJO	AUTOR/COAUTOR
1	A-002	ASPECTOS HUMANÍSTICOS Y SOCIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS Y PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS EN LOS CURSOS DE INGENIERÍA DEL CEFET-RJ	Silva, Luiz Roberto
2	A-005	TUTORIAL CON LA ENSEÑANZA DEL MANEJO DEL TECLADO PARA EL CURSO OPERADOR DE MICROCOMPUTADORA DIRIGIDO AL DISCAPACITADO VISUAL	Pedrozo, Lázara
3	A-006	COMPATIBILIDAD Y PLURIDISCIPLINARIEDAD ENTRE EL CICLO BÁSICO Y EL CICLO SUPERIOR	Milevicich, Liliana
4	A-007	APORTES DE TÉCNICAS DIDÁCTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA	Ramírez, Oscar
5	A-009	ROBOT HÍBRIDO PEDAGÓGICO	Puglesi, Alfredo
6	A-011	LABORATÓRIO VIRTUAL: FERRAMENTA DE APOIO DIDÁTICO EM DISCIPLINAS NO ENSINO DE ENGENHARIA	Fernandez, Joao Cándido
7	A-012	AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE VAGAS PARA OS CURSOS NA ÁREA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL	Fernandez, Joao Cándido
8	A-013	COMPARACIÓN DE LA DINÁMICA DE UN VEHICULO EN VERSIONES 4X2 Y 4X4, A PARTIR DE UN MODELO BASADO EN LEYES DE LA MECÁNICA INTRODUCTORIA	Di Paolo, José
9	A-014	LAS SIMULACIONES COMO HERRAMIENTA DE ENSEÑANZA DE LA DERIVADA DE FUNCIONES DE UNA VARIABLE	Samira, Abdel
10	A-015	APLICACIÓN DE UN KIT DIDÁCTICO UTILIZANDO PLC COMO METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA EN INGENIERÍA MECÁNICA	Pirog, Nicolas
11	A-016	ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA DESERCIÓN Y LA CRONICIDAD: PROGRAMA DE ACOMPAÑAMIENTO A ALUMNOS	Gimenez Uribe, Alfonso
12	A-019	ANÁLISIS INICIAL DE LA FIABILIDAD HUMANA EN LAS ORGANIZACIONES	Conte, Daniel
13	A-020	CONOCIMIENTO TOPOGRAFICO DE ACTIVOS INDUSTRIALES	Martinez, Facundo
14	A-021	EL CARÁCTER INTEGRADOR EN LA ENSEÑANZA DE LA CONFIABILIDAD EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	Martinez, Osvaldo
15	A-023	DESAFÍOS EN UNA ASIGNATURA INTEGRADORA TERCER CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA MECÁNICA	Haupt, María Cristina
16	A-024	ALGORITMOS DE MODELACIÓN APLICADOS AL DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINA	Tinnirello, Alicia
17	A-025	L! COMPETENCI! Y L! PROPUEST! LÚDIC! COMO POTENCI!DORES EN EL !PRENDIZ!JE DE "!BSTR!CCIÓN M!TEMÁTIC!" EN L! C!RRER! DE INGENIERÍA	Gustavo Viano
18	A-026	UNA APLICACIÓN DEL COACHING APRECIATIVO EN LA MEJORIA DE PROCESOS	Soto, Rojas
19	A-027	INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES COMPUESTOS	Pellisero, Mario
20	A-029	COMPETENCIAS DOCENTES PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACION Y LA COMUNICACIÓN A LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA EL CASO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA	Pascal, Oscar
21	A-030	EL DESAFÍO DE PROMOVER EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO Y LA LECTURA Y ESCRITURA ACADÉMICA EN LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA	Pustilnik, Isabel
22	A-031	SOFTWARE DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN INGENIERÍA MECÁNICA	Jalil, Jeremias
23	A-032	USO DE LA SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA TECNOLOGÍA CNC EN INGENIERÍA MECÁNICA	Vaca, Carlos
24	A-033	ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE CUERPOS RÍGIDOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE FOTOGRAFÍAS DE LARGA EXPOSICIÓN Y VIDEO DIGITAL	Nuñez Pablo
25	A-034	APORTES DEL ANALISIS MATEMÁTICO II A LA MODELIZACION Y ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE BRAZOS ROBÓTICOS	Riccomi, Humberto
26	A-035	EMPLEO DE UN OBJETO DE APRENDIZAJE EN LA GRAFICACIÓN DE INSTALACIONES INDUSTRIALES	Gutierrez, Silvana
27	A-036	VINCULACIÓN ENTRE EL CÁLCULO NUMÉRICO Y LA ESPECIALIDAD. UNA HERRAMIENTA PARA LA RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES DE CONVECCIÓN Y CONVECCIÓN-DIFUSIÓN	Caligaris, Marta
28	A-037	INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS DE MECÁNICA DE LOS FLUIDOS POR MEDIO DE LA EXPERIMENTACIÓN EN UN TÚNEL DE VIENTO	Gonzalez, Maria
29	A-038	INSTALACIÓN DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA ESCUELA	Labriola, carlos
30	A-039	APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA AUTOMÁTICA PARA LA ENSEÑANZA DE ALGORITMOS Y LÓGICA DE PROGRAMACIÓN	Carrizo, Blanca
31	A-040	LA COMPRENSIÓN DE TÓPICOS MATEMÁTICOS APLICADOS AL CASO DE ESTUDIO DE UNA LINEA FERREA	Pastorelli, Sonia
32	A-042	TIPOLOGÍAS DOCENTES Y PLANIFICACION DE LA INNOVACION EN EL ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA	Pavlicevic, Juan
33	A-044	ENSEÑANZA DE VIBRACIONES MECÁNICAS CON ÉNFASIS EN LA FORMACIÓN PRÁCTICA	Girón, Pablo
34	A-045	INGRESO Y PERMANENCIA EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA. ¿POR QUÉ FALTAN INGENIEROS? DESERCIÓN HACIA EL FINAL DE LAS CARRERAS	Costucica, Leonardo Adan
35	A-046	REINSERCIÓN ACADÉMICA DE ESTUDIANTES CRÓNICOS Y TERMINALIDAD EXITOSA DE CARRERA	Muros, Horacio
36	A-048	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS PARA LA FORMACIÓN DEL INGENIERO MECÁNICO: ¿CÓMO SE CONSTRUYEN A PARTIR DE LA PPS?	Ramallo, Milena
37	A-050	ESTUDIO DE UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA O EMPOTRADA: UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA QUE INTEGRA LA MATEMÁTICA, LA INFORMÁTICA Y LA EXPERIENCIA DE LABORATORIO	Lagomarsino, Fernando
38	A-051	INFLUENCIA DE LOS OBJETIVOS DE ENSEÑANZA EN TECNOLOGIAS APLICADAS	Belliardo, Pedro
39	A-053	ELABORAR Y APLICAR ESTRATEGIAS ANTE EL PROBLEMA DEL INGRESO, DURACIÓN Y EGRESO DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA	Azcona, Pablo
40	A-055	PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS DE REATORES NUCLEARES UTILIZANDO LABVIEW	Pinto, Antonio
41	A-056	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN INGENIERÍA MECÁNICA: PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS PARA SU SOLUCIÓN	Orsi, Jorge
42	A-057	INGENIERÍA MECÁNICA EN ARGENTINA: COMPETENCIAS REQUERIDAS PARA ACCEDER AL EMPLEO	Gamondes, Estela
43	A-058	RECURSOS INFORMATICOS INNOVADORES EN EL ABORDAJE DE TEMAS DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LA EDIFICACION PARA CURSOS DE GRADO EN LA FAU-UNNE	Gallipoliti, Virginia
44	A-059	EL PROYECTO INTEGRADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA. UNA EXPERIENCIA EN MARCHA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA, ARGENTINA	Testori, Damian
45	A-061	SOFTWARE DIDÁCTICO: INFLUENCIA DE DISTINTAS VARIABLES EN LA DUREZA FINAL DE UNA PIEZA DE ACERO TEMPLADA Y REVENIDA	Yanzon, Rodolfo
46	A-062	INFLUENCIA DE LA TECNOLOGÍA MOVIL DE COMUNICACIÓN EN EL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN LA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Chicojay, Carlos
47	A-063	INTEGRACIÓN MULTIDISCIPLINAR: MATEMÁTICA COMPUTACIONAL – MECÁNICA DE FLUIDOS	Tinnirello, Alicia
48	A-064	APOSTANDO A UNA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA A PARTIR DE LA ASIGNATURA QUÍMICA	Alcoba, Marcelo
49	A-067	RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE RETICULADOS PLANOS CON FINES DIDÁCTICOS DESARROLLADO CON SOFTWARE LIBRE	Simoncelli, Alejandro
50	A-068	LA ECUACIÓN DEL CALOR EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA	Heidenreich, Elvio

51	A-069	DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN BOBINADO ESTATÓRICO PARA UN GENERADOR DE FLUJO AXIAL CON IMANES PERMANENTES	Burgos, Fernando
52	A-070	TUTORÍAS PARA ALUMNOS DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA MECÁNICA: EXPERIENCIA DE TRABAJO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO	Alcoba, Marcelo
53	A-071	LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE AERONAVES BAJO LAS NORMATIVAS DE LA COMPETENCIA SAE AERODESIGN USA Y BRASIL	Lopez Rivas, Donald
54	A-072	LA COMPETENCIA AERODESIGN VENEZUELA COMO UN APORTE AL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÒN SUPERIOR EN LA INGENIERÌA EN VENEZUELA	Lopez Rivas, Donald
55	A-073	PROTOTIPADO VIRTUAL DE UN DISPOSITIVO MECATRÓNICO PARA APLICAR CARGAS DINÁMICAS SOBRE ARMADURAS DIDÁCTICAS BIDIMENSIONALES	Gutierrez, Julieth
56	A-074	DISEÑO DE UN EQUIPO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EXPERIMENTALES EN ARMADURAS BIDIMENSIONALES	Ximena Alexandra Castro Ropaín
57	A-079	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE ENSAYOS PARA MECANISMOS: DESBALANCEO, DESALINEACION , FALLAS EN RODAMIENTOS Y ENGRANAJES	Lanz, César
58	A-081	DISEÑO 3D- ESTRATREGIA DE ENSEÑANZA	Suppo, Germán
59	A-082	OBTENCIÓN DEL MODELO CINEMÁTICO INVERSO EN MANIPULADORES ROBÓTICOS INDUSTRIALES MEDIANTE EL USO DE MATRICES DE TRANSFORMACIÓN HOMOGÉNEA	Hossian, Alejandro

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Aspectos Humanísticos y Sociales en la Construcción de Proyectos y Prácticas Pedagógicas en los Cursos de Ingeniería del CEFET-RJ

Silva, Luiz Roberto Oliveira da*, Silva, Maria Aparecida Monteiro da[(1)]

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro.
Avenida Maracanã 229, Rio de Janeiro, Brasil, CEP 20271-110. luizrob@cefet-rj.br

(1) Rua Generino Delfino Coelho 3695, Umuarama, Parana, Brasil, CEP 87501-080.

RESUMEN.

Este trabajo pretende analizar cómo es la formación de los estudiantes de ingeniería en el Centro Federal de Educación Tecnológica en Rio de Janeiro, CEFET-RJ, con respecto a cómo los aspectos humanísticos y sociales están presentes en la construcción de proyectos y prácticas pedagógicas de sus cursos de ingeniería, teniendo en cuenta los avances paradigmáticos, tecnológicos y las determinaciones legales en relación al perfil del egreso previsto en los cursos de Ingeniería, por medio de un análisis de las acciones que se desarrollan en estos cursos. Las preguntas que guían el presente estudio son: ¿Hasta qué punto y de qué manera los aspectos sociales y humanísticos están presentes en los proyectos y en las prácticas pedagógicas de los cursos de ingeniería del CEFET-RJ? ¿Qué acciones didáctico-pedagógicas se desarrollan en estos cursos para mejorar la formación profesional de los ingenieros en relación a los aspectos sociales y humanísticos? ¿Hasta qué punto esta práctica es percibida por los estudiantes de la ingeniería? La metodología, basada en el estudio de caso realizado en el Campus Maracanã y los sujetos encuestados fueron estudiantes de Ingeniería Civil, Producción y Mecánica. El instrumento de recolección de datos fue un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas. Los datos fueron tabulados por medio de estadísticas y análisis de contenido. Los resultados obtenidos con el trabajo apuntan la contribución, en el sentido del despertar de la reflexión-acción, acerca de la necesidad de insertar, en los proyectos y prácticas pedagógicas, los aspectos sociales y humanísticos en los Cursos de Ingeniería del CEFET- RJ, para garantizar una formación del profesional de Ingeniería generalista, humanista, crítica y reflexiva.

Palabras Claves: Aspectos Humanísticos y Sociales, Cursos de Ingeniería, formación en Ingeniería.

1. INTRODUCCIÓN

En Brasil, los Centros Federales de Educación Tecnológica reflejan la evolución de un tipo de institución educacional que, en el siglo XX, acompañó y ayudó a desarrollar el proceso de industrialización del país. La historia de esos Centros está, pues, ligada al origen de la enseñanza profesional que, en términos de alcance nacional, se remonta a 1809, cuando el Presidente Nilo Peçanha determinó, por decreto, la creación de las Escuelas de Aprendices Artífices en las capitales de los Estados, para impartir enseñanzas profesionales, primarias y gratuitas.

En los días actuales la educación tecnológica en Brasil ha sufrido críticas vehementes así como fecundos cuestionamientos como nunca ocurrió a lo largo de su historia. Es suficiente celebrar que hechos como éste sucedan y que tornen la educación tecnológica brasileña como blanco de reflexiones constantes, dudas, incertidumbres y análisis en cuanto a su papel, que hacen surgir innumerables constataciones de las necesarias interrelaciones de la educación tecnológica con otras áreas de acción y conocimientos humanos. Comprensiones más abarcadoras del propio concepto de tecnología y la comprobación de que profundas y rápidas transformaciones que se procesan en la sociedad actual son inevitables y deseadas, reafirman la necesidad de tales cuestionamientos.

En ese sentido el quiebre del paradigma tradicional nos permite tratar aspectos de la tecnología a través de interrelaciones más realistas, confiriendo sentido a abordajes que hasta ahora eran considerados como no pertenecientes al campo de la enseñanza de las áreas técnicas, generando nuevos entendimientos sobre la tecnología y su papel. Ella pasa a ser aceptada como producción social, de la cual no debe ser separada. Bajo la óptica de esas nuevas comprensiones se pueden entonces profundizar los análisis de los diversos aspectos que afectan a la educación tecnológica en el Brasil.

Otro hecho que debe ser considerado comprende la racionalidad creciente del siglo XIX, que atribuyó al hombre la tarea de dominar y/o explorar la naturaleza, aliada al también creciente proceso de industrialización, el desarrollo centrado en la Ciencia y la Tecnología (C&T) pasó a ser visto como sinónimo de progreso. La creciente evolución y utilización de nuevas tecnologías vienen acarreando profundas mudanzas en el medio ambiente y en las relaciones y en los modos de vida de la población, colocando a los individuos frente a nuevos desafíos, que en su mayoría la población no está preparada para enfrentar.

Hoy en día, más que anteriormente, necesitan estar presentes las reflexiones acerca de los resultados y aplicaciones de tecnologías en las pautas y en las preocupaciones de las instituciones que desarrollan la educación tecnológica, dada la importancia que poseen en el mundo reconocidamente tecnológico en que vivimos, donde los conocimientos científicos y tecnológicos actuales son herramientas a través de las cuales los hombres dejan transparentar su poder y dominio sobre la naturaleza, lo que es una paradoja cuando consideramos que en nuestros días una gran parte de la población mundial pasa aún por problemas y necesidades que podrían ser fácilmente subsanables mediante la acción de la ciencia y de la tecnología disponibles en la actualidad, principalmente por los países más desarrollados científica y tecnológicamente, donde la falta de voluntad política aliada junto con la no reflexión sobre el papel de la educación tecnológica son nítidamente los principales responsables de la falta de solución de estos problemas. Esta preocupación ha llevado a no pocos países tecnológicamente desarrollados a comenzar a discutir sobre la complicada relación entre desarrollo tecnológico y desarrollo humano, a través de la inclusión en el grado curricular de sus cursos de tecnología, de estudios sobre el campo pedagógico social.

En el Brasil sabemos que en estudios centrados en la enseñanza de la ingeniería, la tarea de iniciar reflexiones respecto del tema desarrollo tecnológico y desarrollo humano es bastante compleja y bien reciente, en la mayoría de los casos a través de iniciativas particulares, pero es necesaria e indispensable. Ampliar estas discusiones en función de su urgencia e importancia transformará con certeza la formación de los profesionales en el Brasil y como consecuencia la enseñanza tecnológica.

En el CEFET-RJ el visible desinterés de un número considerable de los alumnos de sus cursos de ingeniería generan, como consecuencia, la reprobación repetitiva en determinadas disciplinas y, no pocas veces, llevan a la migración de estos alumnos tanto de los cursos tecnológicos como de los de ingeniería, ¿serían hechos aislados o agentes que deberían inspirar una discusión reflexiva sobre las prácticas pedagógicas en los referidos cursos?

Estas reflexiones son más que evidencias de que la enseñanza de la ingeniería debe tener como objetivo, además de la excelencia de la formación técnica, que posibilite a los individuos formados ser capaces de solucionar los problemas técnicos que se les presenten, también formar ciudadanos que puedan reflexionar críticamente sobre los impactos de sus acciones técnicas junto con la sociedad. Sólo se puede hablar de una educación de excelencia y de calidad, cuando percibimos una participación activa de profesores y de alumnos comprometidos con el contexto en que estamos viviendo, porque "todo ciudadano merece aprender a leer y entender mucho más que conceptos estancos de la ciencia y de la tecnología, con sus implicaciones y consecuencias, para poder ser elemento participante en las decisiones de orden político y moral que influirán en su futuro y en el de sus hijos" [1].

2. OBJETIVOS

2.1. General

Analizar hasta qué punto los aspectos humanísticos y sociales están presentes en los proyectos y en las prácticas pedagógicas de los cursos de ingeniería del CEFET-RJ, teniendo en cuenta los avances paradigmáticos, tecnológicos y las determinaciones legales en relación con el perfil de egreso previsto en los Cursos de graduación en Ingeniería del CEFET-RJ, y en las Directrices Curriculares Nacionales para los Cursos de Graduación en Ingeniería, en su Artículo 3º [2].

2.2. Específicos

1. Comprobar la presencia de los aspectos Humanísticos Sociales en la legislación educacional brasileña [2,3];
2. Identificar la presencia de los aspectos Humanísticos-Sociales en los documentos institucionales del CEFET-RJ;
3. Describir el contenido de los Proyectos Pedagógicos de Cursos de los cursos de Ingeniería Civil, Ingeniería de la Producción e Ingeniería Mecánica del CEFET-RJ, en lo que respecta a los aspectos humanísticos-sociales;
4. Identificar a través de una investigación de campo la percepción de los alumnos sobre la presencia en las prácticas pedagógicas de los profesores de los aspectos humanísticos y sociales preconizados en la legislación educacional brasileña y en la documentación institucional CEFET-RJ;
5. Proponer acciones en el sentido de mejorar la formación profesional de los alumnos de los cursos de ingeniería del CEFET-RJ en relación a los aspectos humanístico-sociales.

2.3. Justificación

Este estudio tiene la intención de transformarse en una herramienta que fomente la reflexión y el debate a partir de los cuales se espera un despertar en los responsables de la elaboración de los Proyectos Pedagógicos de los Cursos de Ingeniería del CEFET-RJ (PPCs) sobre la necesidad de revisión de los actuales PPCs y, a partir de sus resultados, si son pertinentes, corroborar en el proceso de acción-reflexión en la comunidad académica respecto de la inserción de los aspectos humanísticos y sociales en la práctica pedagógica de los profesores de los cursos de ingeniería, posibilitando una revisión de los diseños curriculares y en las acciones metodológicas.
Se propone también ser un instrumento que auxilie no sólo al CEFET-RJ sino también a todos aquellos profesionales comprendidos con la formación tecnológica, en la tarea diaria de la construcción de una nueva visión del mundo, que proporcione una actuación de forma sistémica e integradora, teniendo en consideración una postura inclinada a las demandas diversas de la sociedad actual.

2.4. Alcance

Este estudio de casos busca alcanzar a todos aquellos que tienen interés en una reflexión más profundizada en cuanto a las cuestiones humanísticas y sociales presentes en las ciencias y en la tecnología, las cuales deben ser dirigidas para la atención de las demandas de la sociedad, a través de la participación de todos los agentes responsables de la elaboración y de la ejecución de políticas y directrices educacionales destinadas a los cursos de graduación en ingeniería y, como resultado a largo plazo se espera que, a partir de la acción participativa, competente y ecologizada de los

profesionales de la ingeniería, contribuir para la consolidación de una sociedad más justa, más sustentable, y más comprometida con la preservación de la vida.

3. METODOLOGIA

3.1. Universo de la Investigación

El CEFET-RJ es un ente autárquico de régimen especial vinculado con el Ministerio de Educación y Cultura, en el espíritu de la Ley número 6.545, del 30 de junio de 1978, y tiene como finalidad la oferta de educación tecnológica. Se configura, en los términos de la Ley número 11.892, del 29 de diciembre de 2008, como institución de enseñanza superior pluricurricular, especializada en la oferta de educación tecnológica en los diferentes niveles y modalidades de enseñanza, caracterizándose por su actuación prioritaria en el área tecnológica.

El estudio de casos propuesto en este trabajo fue realizado en las dependencias del CEFET-RJ, campus de la unidad Maracaná. Sus fuentes primarias fueron los estudiantes de los cursos de ingeniería civil, producción y mecánica industrial y las fuentes secundarias fueron obtenidas a partir de documentos oriundos de la legislación interna del CEFET-RJ y de la legislación brasileña específica, a saber, el Estatuto, El Plano de Desarrollo Institucional y el Proyecto Pedagógico Institucional del CEFET-RJ, las Directrices Curriculares Nacionales (DCN) [2] para los cursos de ingeniería y la Ley de Directrices y Bases de la Educación Brasileña (LDB) [3].

3.2. Población y Muestra

La población blanco de esta investigación está formada por los alumnos de los Cursos de Ingeniería Civil, Producción y Mecánica del CEFET-RJ, campus Maracaná. El campus elegido se debe al hecho de que el CEFET-RJ posee cursos de ingeniería funcionando de forma regular desde hace bastante tiempo. La elección de la muestra fue intencional, es decir, aquella que parte de la suposición básica de que con una buena apreciación y una estrategia adecuada, pueden ser elegidos los casos a ser incluidos en la muestra, y así, llegarse a muestras satisfactorias para las necesidades de la investigación. Por indicación de los alumnos que formaron parte de la investigación, seleccionamos a los Jefes de los Departamentos de Ingeniería del CEFET-RJ investigados.

3.3. Técnicas de Recolección de Datos

Según Gil [4] en términos de recolección de datos, el estudio de casos es el más completo de todos los delineamientos, pues se vale tanto de datos de personas como de datos de papel. Los datos pueden ser obtenidos mediante análisis de documentos, entrevistas, declaraciones personales, observación espontánea, observación participante y análisis de artefactos. Para la obtención de los datos para esta investigación fueron delineados dos pasos a seguir. El primer paso se dio a través de un análisis minucioso de las fuentes documentales complementadas por una investigación bibliográfica, que dieron el soporte necesario para el segundo paso, que fue la elaboración del cuestionario de investigación aplicado a través del contacto directo con los alumnos que formaron parte de este estudio, realizado a través de una investigación de campo.

3.4. Técnicas de Análisis de Datos

Las investigaciones en las áreas social y humana han sido por tradición marcadas fuertemente por estudios que valorizan el empleo de métodos cuantitativos para describir y explicar fenómenos. En los días actuales podemos identificar otra forma de abordaje que se afirmó como promisoria en la posibilidad de investigación, identificada como investigación cualitativa, que ha marcado principalmente su espacio en áreas como la Psicología y la Educación. Las categorías analizadas en esta investigación fueron creadas a partir de una lectura minuciosa de la legislación oficial, que una vez concluida, resultó en la división en tres grandes grupos, denominados de Técnicas, Humanístico-Sociales y Pedagógicas. En esta investigación el análisis del contenido tuvo lugar en la perspectiva cualitativa cuando verificó las respuestas que eran listadas en forma espontánea y en la cualitativa, cuando las respuestas eran traducidas según las frecuencias con que se presentaban. Por este motivo, el análisis se encuentra mezclado con tablas (Tabla 1, Tabla 2) y gráficos (Figura 1, Figura 2, Figura 3) que facilitan la visualización de lo expuesto.

4. RESULTADOS

Presentamos a continuación los resultados de la investigación de campo realizada, donde se buscó entender, a través de las respuestas de los alumnos al cuestionario propuesto, de qué forma ellos perciben la importancia de las concepciones humanístico-sociales en su formación, además de posibilitar el análisis de la forma en que estas concepciones se encuentran presentes efectivamente en las aulas de sus profesores. Las respuestas son presentadas en forma de gráficos y tablas, para, posteriormente, proceder al análisis y a las inferencias.

Tabla 1 - *Inventario de los Proyectos Políticos Pedagógicos De los cursos de ingeniería del CEFET-RJ*

Ingenierías/Disciplinas	Civil	Mecánica	Producción
Totales	68	62	59
Humanísticos-Sociales	08	02	04
	12%	3%	7%

Tabla 2 – *Percepción de los alumnos en relación a los aspectos Humanístico-sociales*

Cursos de Ingeniería Investigados	Porcentual de Presencia de los aspectos Humanísticos y Sociales				
	No opinó	Nunca Presente	Pocas Presencias	Parcialmente Presente	Totalmente Presente
Civil	7	6	31	37	19
Producción	6	21	35	31	7
Mecánica	5	39	38	16	2

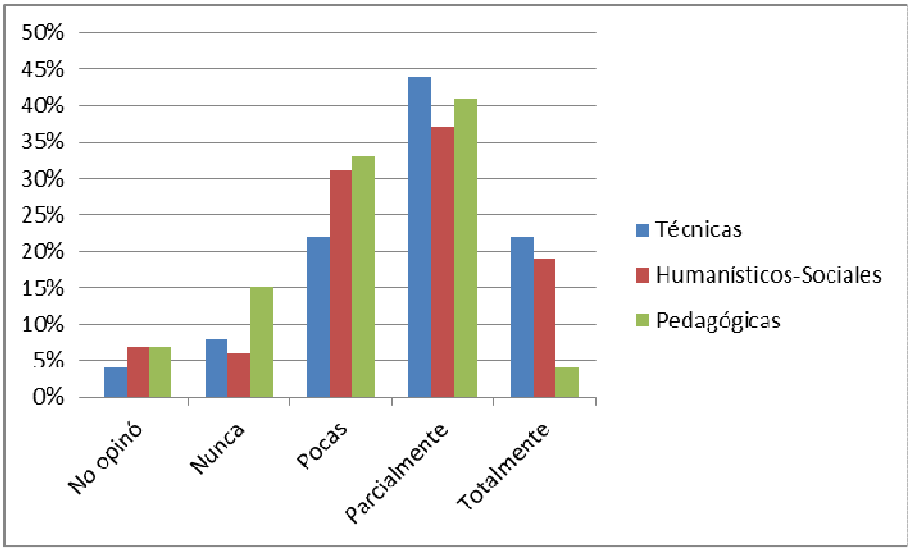


Figura 1 - *Percepción de los alumnos del CECiv en relación con los aspectos investigados*

Nota 1: CECiv – Curso de Ingeniería Civil

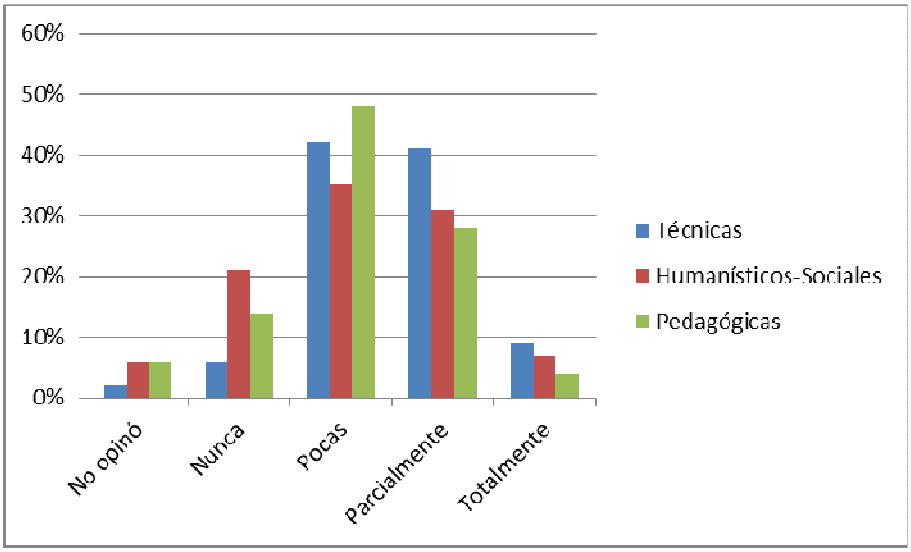


Figura 2 - *Percepción de los alumnos del CEProd en relación con los aspectos investigados*

Nota 2: CEProd – Curso de Ingeniería Producción

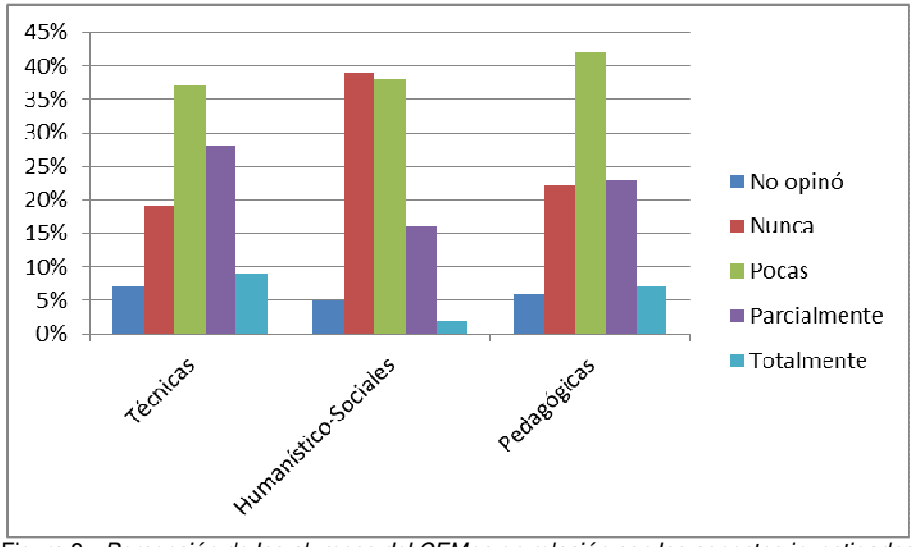


Figura 3 - *Percepción de los alumnos del CEMec en relación con los aspectos investigados*

Nota 3: CEMec – Curso de Ingeniería Mecánica

5. CONCLUSIONES

Analizando atentamente la legislación brasileña vigente y la legislación institucional se pudo verificar en varios de sus artículos una mención implícita respecto de las concepciones relacionadas con los aspectos humanísticos y sociales inherentes a la formación del futuro profesional de ingeniería, pues ellas preconizan una concepción de formación integral. Estos se encuentran presentes en el rol de habilidades y competencias descriptas en los tres Proyectos Pedagógicos de los cursos de Ingeniería del CEFET-RJ analizados, a través de la mención de la necesidad de prever, avalar y solucionar problemas de orden técnico, administrativo, legal, social, económico, cultural y de medio ambiente, así como avalar el impacto de actividades de ingeniería en el contexto social y ambiental, que son características primordiales en el desarrollo de las cuestiones humanístico-sociales. Estas

competencias y habilidades presentadas por los PPCs de los tres cursos de ingeniería del CEFET-RJ también demuestran claramente una preocupación con los aspectos humanísticos sociales cuando elogian la capacidad de liderar y trabajar en equipo, aunque en ningún momento se exprese a través de esta relación. A pesar de ser mencionadas, es importante destacar que, en momento alguno hay garantías de que estas realmente se efectivicen, pues no está especificado cómo tales habilidades y competencias serán desarrolladas a lo largo del referido curso.

Pude verificar también que el índice más elevado de disciplinas con posibilidades de desarrollo de contenidos con aspectos humanísticos y sociales, presentados en sus resúmenes, en relación con el total de disciplinas del curso fue el de Ingeniería Civil que presentó 27% del total, seguido por el curso de Ingeniería de la Producción con 7% del total y por último el de Ingeniería Mecánica, con apenas 3,5% del total. Fue posible comprobar que tanto en la estructuración de los Cursos de Ingeniería del CEFET-RJ, cuanto en las descripciones de los resúmenes de las disciplinas seleccionadas, existió por parte de sus elaboradores una visible preocupación con el cumplimiento de las Directrices Curriculares Nacionales para los cursos de ingeniería en relación con los aspectos humanísticos-sociales de forma indirecta, pues en ningún curso analizado hay mención clara de esta relación.

La investigación de campo demostró que los alumnos, aun cuando afirman que sus cursos poseen también una concepción humanístico-social, cuando se analizan sus respuestas no se confirma que este concepto esté presente en su día a día, en cuanto alumnos. Por otro lado, aquellos que sostuvieron no tener una percepción de los aspectos humanísticos y sociales en sus cursos, presentan respuestas que contradicen sus dichos, la indicación de la presencia de estos aspectos genera dudas sobre la coherencia de las respuestas dadas. Así, se hace evidente que los alumnos de los cursos de ingeniería investigados no están muy familiarizados en lo que se relaciona con los aspectos humanísticos-sociales volcados a la profesión de Ingeniería, así como que tal concepción deba acontecer en la práctica docente de sus cursos, y aún más, en el real impacto de tales aspectos en su formación profesional.

Finalizando, destacamos que la cuestión que orientó esta investigación fue respondida en todas sus dimensiones interrogativas, y que el estudio propuesto no concluye aquí, pues esperamos que los resultados alcanzados puedan generar una reflexión-acción en todos los actores que forman parte del escenario educacional brasileño y, en especial, en todos aquellos que actúan en forma directa en la ejecución de la política educacional del CEFET-RJ, despertándolos para un repensar paradigmático y de prácticas educativas.

Se sabe que éste no es un proceso fácil, cuyo éxito sólo será alcanzado, a partir de la sensibilización/capacitación del profesor para su reflexión sobre su acción docente.

4. REFERENCIAS.

[1] Bazzo, Walter Antonio. (2010). *Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica.* Editora de la UFSC. 2ª edicíon. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

[2] Brasil, "Parecer CNE/CES 1362/2001 – Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia", Diario Oficial de la Unión de 25/2/2002, Sección 1, p. 17. Brasília, 2002, disponible en *http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf*.

[3] Brasil, "Lei nº 9394 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional", Diario Oficial de la República Federativa del Brasil, Brasilia, DF, Brasil, p. 27833-27841, 1996. Disponible en *http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm*.

[4] Gil, Antonio Carlos. (2002). *Como elaborar Projetos de Pesquisa*. Editora Atlas. 4ª edicíon. São Paulo, Brasil.

[5] Silva, Luiz Roberto Oliveira da. (2012). *Aspectos Humanísticos e Sociais na construção de projetos e práticas pedagógicas nos cursos de engenharia: estudo de caso no CEFET-RJ*. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Educación, Universidad Americana, Asunción, Paraguay.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

TUTORIAL CON LA ENSEÑANZA DEL MANEJO DEL TECLADO PARA EL CURSO OPERADOR DE MICROCOMPUTADORA DIRIGIDO AL DISCAPACITADO VISUAL.

Pedrozo, Lázara*, López, Eduardo[(1)]

Escuela "Panchito Gómez Toro", Cuba.
Edificio B5. Apartamento 19. Zona 5. Alamar. Habana del Este. La Habana, Cuba.
elopezv@mecanica.cujae.edu.cu

(1) Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Cuba. Calle E No. 15817 e/ 12 y Pasaje Central. Altahabana, Boyeros, Cuba.
elopezv@mecanica.cujae.edu.cu

RESUMEN.

En esta investigación se realizó un diagnóstico de las deficiencias presentadas con el manejo del teclado en estudiantes discapacitados visuales en cursos de operador de microcomputadoras que se han ofertados en Cuba. El trabajo pretende divulgar a la comunidad científica el resultado de este estudio.
La exploración que se realizó en estos cursos ofrece una solución, mediante un tutorial, a los problemas presentados en los estudiantes.
Para el logro de este tutorial se utilizaron métodos teóricos y empíricos que estuvieron centrados en el análisis y síntesis, el análisis documental, la inducción-deducción y la modelación. Consideró además, la Concepción Desarrolladora del Aprendizaje para lograr un desarrollo integral de la personalidad del discapacitado visual.
En este artículo se incluye un grupo de orientaciones para el tutorial que permiten cumplir el objetivo general del curso.
Los autores consideran que esta solución se puede aplicar en la enseñanza superior aunque sus resultados se aplicaron en los Joven Club de Computación y Electrónica y en la ANCI de Cuba. Estos resultados muestran un aumento en el desarrollo académico sobre el manejo del teclado en los estudiantes discapacitados visuales.
.

Palabras Claves: enseñanza, discapacitado, visual, teclado, microcomputadora.

1. INTRODUCCIÓN

Después del triunfo de la revolución cubana se aplicaron medidas para formar y educar a las personas con discapacidad visual. Se les proporcionó una mayor prioridad a partir del derecho que tienen a la igualdad tanto en la educación como al trabajo con la mejor calidad de vida posible.
Específicamente para preparar en la informática a las personas con discapacidad visual es necesario utilizar los dos analizadores conservados: tacto y audición, que les permite intercambiar información a través del lector de pantalla JAWS por medio del teclado y las bocinas fundamentalmente. Así logran una orientación auditiva.
El lector de pantalla JAWS es un recurso auditivo que por medio de una voz electrónica verbaliza todo lo que ocurre en el computador. El JAWS en español permite a una persona totalmente ciega, acceder a los contenidos de la computadora mediante la voz; por lo que una persona invidente podrá utilizar todo el paquete de Office como Word, Excel, Access y otros. Además, puede navegar en Internet porque el JAWS leerá en perfecto español todo lo que aparece en pantalla.
El JAWS se considera como uno de los productos de accesibilidad más potentes en el mercado actual, por lo que es el que más se conoce y distribuye en Cuba. Se puede utilizar tanto por personas ciegas, como con baja visión, para hacer realidad el sueño de independencia laboral y académica. El JAWS es imprescindible en los cursos de Tiflo informática[1].
La observación de estos cursos detectó en los estudiantes discapacitados visuales las deficiencias que se muestran a continuación:

- Existe poco conocimiento en el manejo del teclado.
- No se ofrece en las primeras actividades docentes la mecanografía en negro como asignatura.
- Por dificultades tecnológicas no es posible impartirla la mecanografía en negro con la calidad requerida.
- La asignatura Computación que se imparte a través del lector de pantalla JAWS no cuenta con una bibliografía, que trate sobre el tema y la metodología a seguir.
- Las combinaciones de teclas y comandos para acceder a la computadora son difíciles de memorizar por que generalmente los estudiantes discapacitados visuales no copian.

Para resolver estas deficiencias esta investigación se trazó como objetivo elaborar un medio de enseñanza apoyado en un Tutorial con el manejo del teclado para el curso Operador de Microcomputadora dirigido al discapacitado visual.

2. DESARROLLO

2.1. Proceso de enseñanza-aprendizaje en el curso Operador de Microcomputadora para el discapacitado visual.

En esta etapa de la investigación se recopiló información a cerca de cómo se realiza el proceso de enseñanza-aprendizaje de discapacitados visuales. Los investigadores consultados [1-7]. Ellos realizaron aportes que a continuación se enuncian.
Entre los accesorios que más se utilizan en Cuba para este tipo de enseñanza es el lector de pantalla JAWS, con diferentes versiones, pero la versión 7 es la más popular en Cuba.
La indagación realizada en Internet pudo constatar que existen diversos software para lectores de pantallas, pero la mayoría de ellos no cumplen las especificaciones mínimas para poderlos usar como herramienta de trabajo.
Entre los lectores de pantalla más frecuente en Cuba por sus utilidades y funciones se encuentra el JAWS, operando sobre Windows. Con este programa se puede trabajar con síntesis de voz o con línea braille. Este lector de pantallas permite trabajar con diferentes aplicaciones, fundamentalmente ofimáticas [7].
Estas tecnologías facilitan que las personas con discapacidad visual se integren en la vida escolar, laboral y social.

[1] Disponible en:
http://www.sta-mexico.com/discapacidadvisual_software_jaws.html visitado: 08-04-2010.

Nuestro país ofrece este servicio en los Joven Club y en la ANCI dentro del entorno en donde se imparten cursos como Operador de Micro, Página Web, especializados de Access, Excel y otros. Estos cursos son útiles para ampliar el perfil profesional.

2.2. Atención a discapacitados visuales en la ANCI y los Joven Club de Computación y Electrónica.

El discapacitado visual recibe el curso Operador de Microcomputadora en dos semestres; la primera unidad es Introductoria, en ella se hace un preámbulo de los contenidos y algunos conceptos importantes que sirven de base para comenzar. La segunda unidad trata sobre el teclado. Aquí se imparte el manejo del teclado. Esto resulta muy difícil para el profesor y el estudiante por no contar con medio de enseñanza-aprendizaje que le sirva de apoyo durante el proceso. La tercera unidad es muy extensa e imparte Microsoft Windows y en la última unidad se ofrece el procesador de texto Microsoft Word. Esta unidad resulta también muy extensa.

Por otra parte se conoce que tendencias pedagógicas modernas [8] aspiran a que el estudiante construya su conocimiento por si solo o en un ambiente colaborativo entre estudiantes, con el apoyo orientador del docente. Todo esto implica que los estudiantes jueguen un papel activo en el aprendizaje y para ello se requiere más que nunca de un guía, alguien que le apoye para la construcción del conocimiento y que le lleve a alcanzar mayor apropiación de conocimientos y habilidades.

Las habilidades son formaciones psicológicas de la personalidad, son ejecuciones conscientes, exitosas e independientes y están conformadas por sistemas de acciones [8]. Estas formaciones psicológicas en los discapacitados visuales normalmente se ven afectadas.

Sobre las habilidades, se expresa que ellas deben incluir las capacidades que debe tener un estudiante debido a la captación del conocimiento [9].

Este investigador asegura que:

- El conocimiento es alcanzar la comprensión de un saber desde su lógica interna, que permite seguir profundizando en su construcción y desarrollo.
- La capacidad es relacionar este conocimiento concreto con un contexto de realidad y ampliar el campo cognoscitivo entendiendo e interpretando el conocimiento en función de la realidad con la que se relaciona.
- La habilidad se manifiesta y permite la aplicación del conocimiento sobre una realidad específica para su transformación.

Con el tutorial, no se pretende que el estudiante discapacitado visual obtenga los mismos resultados que un estudiante con la visión normal, pero si consideramos que puede realizar ciertas transformaciones del entorno real en que se puede desempeñar. Así será capaz de lograr el desarrollo de habilidades cognitivas, perceptivas y motoras con el uso de los sentidos conservados. La información que llega es recibida, interpretada, combinada y conservada en el cerebro. Todas las sensaciones son internalizadas y almacenadas permitiendo establecer relaciones consigo mismo y con el medio. Las habilidades se desarrollan a partir de asimilar el contenido que se ejercita y practica al hallar soluciones a diferentes situaciones que se presenten. Por tanto, para adquirir una habilidad primero se debe entender con sentido lógico la teoría y después aplicar los conocimientos de manera práctica.

En esta investigación se pretende mejorar la deficiencia que presentan los discapacitados visuales para manejar el teclado. Esto se debe lograr aprovechando el estudio de los diferentes tipos de inteligencias considerando la edad, nivel cultural, grado de discapacidad y el tiempo de adquisición de la discapacidad.

También influye en estas mejoras las inteligencias múltiples para fomentar el desarrollo de todas las formas de pensamiento que permiten al individuo percibir el mundo de ocho formas diferentes. Estas formas son: verbal o lingüística, lógico-matemática, musical, espacio-temporal, corporal-kinestésico, naturista y existencial, personal (intrapersonal e interpersonal).

Howard Gardner en su teoría aporta resultados que demuestran que cada ser humano tiene inteligencias con una localización precisa en la corteza cerebral. Su investigación presenta la forma en que cada cual desarrolla cada una de esas inteligencias.

Define inteligencia como la capacidad de resolver problemas, o de crear productos, que sean valiosos en uno o más ambientes culturales. Esto lo corrobora con el apoyo de pruebas biológicas y antropológicas. De ahí presenta ocho tipos de inteligencia:

- Inteligencia Musical. Le permite al individuo crear, comunicar y comprender el sentido musical. En este tipo de inteligencia es muy importante el uso del sentido auditivo como vía de adquirir del conocimiento. El discapacitado visual la necesita para adaptarse a escuchar y entender el lenguaje del lector de pantalla JAWS, porque tiene sus particularidades en la voz que es electrónica.
- Inteligencia Kinestésica. Le permite al individuo utilizar todo o parte de su cuerpo para resolver problemas. En este caso el discapacitado visual utiliza esta inteligencia para ubicar los objetos que lo rodean. Lo utiliza a través del tacto que le permite interactuar con el medio y los objetos por medio de estímulos mecánicos, térmicos y químicos. Se relaciona con el movimiento.
- Inteligencia Lógico-Matemática. Le permite al individuo utilizar y apreciar las relaciones abstractas.
- Inteligencia Lingüística. Permite la comunicación del individuo y darle sentido a través del lenguaje. En este aspecto es muy necesario que el discapacitado visual se exprese, se comunique para que unido a otros pueda vencer temores, complejos, dudas y logre una verdadera integración social.
- Inteligencia Espacial. Con ella es posible que el individuo perciba información espacial y transformar esta información para memorizar imágenes que podrían ser visuales.
- Inteligencia Interpersonal. Le permite al individuo reconocer y distinguir los estados de ánimo, intenciones, motivos y sentimientos de otras personas. Muy utilizada por el discapacitado visual.
- Inteligencia Intrapersonal. Ayuda al individuo a distinguir los sentimientos propios, construir modelos mentales adecuados y utilizar este conocimiento en la toma de decisiones.
- Inteligencia Naturista. Le permite al individuo distinguir, clasificar y utilizar las características del medio ambiente.
- Inteligencia Cibernética. Hace que el hombre se relacione a través de la tecnología, crear, usar las herramientas de la red para su formación integral. En este caso el discapacitado visual se relaciona con el tutorial para obtener un conocimiento específico [10].

Para esta investigación es muy importante la utilización de todas las inteligencias, para lograr el trabajo colaborativo y la integración social, independientemente que se destaque la Inteligencia Kinestésica y la musical para la ubicación del estudiante dentro del aula, con la presencia de todo el equipamiento y para que se traslade de un lugar a otro en el lugar en donde él estudia. Además, es muy importante que se entrene para escuchar el lector de pantalla JAWS.

2.3. Precisiones teóricas a cerca de los medios de enseñanza y aprendizaje para el tutorial.

Los medios que se utilizan en el proceso de enseñanza-aprendizaje constituyen un factor clave; ellos favorecen que la comunicación bidireccional entre los protagonistas. Estos medios se deben establecer de una manera afectiva.

Los medios de enseñanza-aprendizaje han sido definidos desde diferentes puntos de vista. A continuación se redactan algunos de estos conceptos.

Son recursos y otros materiales que presentan un cuerpo completo de información y que son autónomos más que suplementarios en el proceso de enseñanza-aprendizaje [11].

Este concepto está enfocado para con el sentido más frecuente en que se utilizan ellos para el proceso enseñanza-aprendizaje ya que algunos medios que se utilizan en los momentos actuales no solo se utilizan individualmente.

Propician el desarrollo de habilidades cognitivas en los estudiantes, facilitan y estimulan la intervención mediada sobre la realidad, crean entornos para el aprendizaje. Son elementos que permiten la apropiación del contenido por los estudiantes. La mayor parte del contenido se recibe a través de los sentidos de la vista y el oído y las imágenes resultan motivadoras [12].

Esta definición se ha generalizado a personas que no presentan discapacidad visual.

A continuación se muestra otro concepto [13] que se ajusta mejor a esta investigación: Un medio es cualquier elemento o dispositivo material (o virtual) que se utilice para trasmitir información entre diferentes personas. Los medios son uno de los componentes sustantivos de la enseñanza. Así, asumir que los medios son parte constitutiva de los procesos de enseñanza; significa que interaccionan con los restantes componentes instruccionales (objetivos, contenidos, estrategias, actividades, entre otros), condicionan y modulan su diseño y viceversa. Los medios son parte integrante de los procesos comunicativos que se dan en la enseñanza, potencian las habilidades intelectuales en los estudiantes y son soportes que permiten registrar la información.
Otro punto de vista plantea [14] que los medios no funcionan al vació sino que se relaciona con un contexto complejo: psicológico, físico, didáctico y otros que se vinculan entre sí.
Atendiendo a los conceptos anteriores se asumió las investigaciones [13-14] que se adecuan más al objetivo de esta investigación, al considerar el aprendizaje de los discapacitados visuales específicamente a través de la comunicación. Los medios propician el desarrollo de habilidades cognitivas en los estudiantes con la interrelación de los conocimientos teóricos y prácticos. Además, estimulan el proceso de enseñanza-aprendizaje de acuerdo al contexto actual de la educación. De esta forma mejora la calidad del trabajo del profesor como orientador, se logra la independencia del estudiante y a su vez se permite la colaboración a través de la red informática.
En este proceso se hace énfasis en el aprendizaje independiente y activo de los estudiantes, bajo las guías del profesor, con el empleo de medios de enseñanza y aprendizajes factibles y pertinentes, que indiquen y propicien las orientaciones necesarias según la organización establecida, atendiendo a la educación futura del trabajo.
Los medios de enseñanza se desarrollan como consecuencia de las necesidades sociales del hombre, y en especial por el carácter científico del aprendizaje y la enseñanza. Ellos sirven para mejorar las condiciones de trabajo y de vida de los profesores y alumnos, en ningún momento para deshumanizar la enseñanza. Los medios no pueden sustituir la función educativa y humana del maestro, ya que él es quien dirige, organiza y controla el proceso de enseñanza aprendizaje.

2. 4. Tipos de software educativo.
Los software educativos [15] son creados con la finalidad específica de se utilicen como medio didáctico, para facilitar los procesos de enseñanza y de aprendizaje, con las características siguientes:

- Utilizan el ordenador como soporte en el que los alumnos realizan las actividades que ellos se proponen.
- Son interactivos, contestan inmediatamente las acciones de los estudiantes y permiten un diálogo y un intercambio de informaciones entre el ordenador y los estudiantes.
- Individualizan el trabajo de los estudiantes, ya que se adaptan al ritmo de trabajo cada uno y pueden adaptar sus actividades según las actuaciones de los alumnos.
- Son fáciles de usar. Los conocimientos informáticos necesarios para utilizar la mayoría de estos programas son similares a los conocimientos de electrónica necesarios para usar un vídeo, es decir, son mínimos, aunque cada programa presenta las normas de su funcionamiento.

En la investigación se asume todas estas funciones y se adiciona dos funciones específicas para el discapacitado visual:

- La asequibilidad: Esta función considera la agradabilidad y claridad del sonido del locutor, ya que por esta vía puede interactuar de forma sencilla, clara y precisa para transmitir el conocimiento desde el ordenador.
- La accesibilidad: Posibilita reproducir el tutorial en formato Mp3 para viabilizar el estudio fuera del aula, a través de en un DVD, Mp4, etc.

Los Software Educativo se clasifican [16] en:

1. Los que poseen un enfoque algorítmico, en el que el diseñador del software educativo se encarga de unir y entrelazar las secuencias de las actividades de aprendizaje que conducen al estudiante hasta donde desea llegar, independientemente del punto de partida. Esto permite asimilar el máximo de lo que se comunica para que predomine el aprendizaje mediante la transmisión del conocimiento.

Ejemplo:

- Sistemas tutoriales: Son programas especializados en un área del conocimiento, se basan fundamentalmente en el diálogo y consideran las características de los estudiantes. En ellos existe una estrategia pedagógica.
- *Sistemas entrenadores***:** Contribuyen al desarrollo de una determinada habilidad intelectual o motora.
- *Libros electrónicos*: Con ellos el estudiante puede buscar información, con un nivel de interactividad y motivación que le facilita las acciones que realizan.

2. Los que poseen un enfoque heurístico. Donde el estudiante interactúa con el ambiente de aprendizaje y descubre el conocimiento. Con ellos el propio estudiante determina las capacidades de la autogestión.

Ejemplo:

- *Simuladores: Interactúan con un micro-mundo en forma semejante a la que se tendría en una situación real para lograr el conocimiento:*
- *Juegos educativos: Apoyan el aprendizaje mediante la presentación de situaciones entretenidas, excitantes e incluyen elementos de simulación de la realidad.*
- *Sistemas expertos: Presentan características asociadas con la inteligencia humana. Actúan de forma similar a como lo haría un tutor humano.*
- *Sistemas tutoriales inteligentes de enseñanza: Son capaces de guiar al alumno a lo largo de un dominio en particular del conocimiento, resuelven durante el proceso tareas tales como la elaboración de una estrategia de tutorización, la generación de ejercicios a la medida de las necesidades del alumno, la resolución pedagógica de estos ejercicios, así como la explicación de la solución.*

Al considerar esta clasificación se utilizó un software educativo de tipo algorítmico considerando que responde a las necesidades de los discapacitados visuales. Estos software utilizan la voz como la vía más importante para la transmisión del conocimiento con un lenguaje asequible, porque dentro de sus funciones se puede trabajar a partir de la individualidad de cada estudiante y se ofrece un conocimiento básico inicial que se puede utilizar sin preparación anterior. Se prevé que posterior a culminar los estudios el estudiante este preparado para realizar investigaciones, escribir documentos, navegar en Internet, y otras acciones de acuerdo a las posibilidades y necesidades que se le presenten.

Un tutorial es una lección educacional que conduce al usuario conocer las características y funciones más importantes del objeto de aprendizaje y aplicaciones de software, dispositivos de hardware, procesos, diseños de sistema y lenguajes de programación. Frecuentemente ofrece una serie de secuencias que van aumentando el nivel de dificultad y entendimiento. Por este motivo, es aconsejable que los estudiantes sigan la secuencia lógica del tutorial, para que entienda todos los componentes y utilizar un enfoque aplicativo y creativo. Esto último significa evitar la memorización de los contenidos. Es fundamental que el alumno pueda aplicar los conocimientos adquiridos sin la necesidad de utilizar herramientas adicionales [17-18]. Estos autores plantean que un Tutorial constituye un programa especializado en la enseñanza de un dominio específico del conocimiento, apoyándose para ello en el diálogo con el estudiante, en la consolidación de un conjunto de aspectos esenciales que por su complejidad requieren de un nivel de abstracción que permita la representación adecuada del conocimiento.

Los aspectos teóricos tratados fueron utilizados como premisas en el producto informático que se oferta y que es resultado de esta investigación.

2.5. Diseño de la propuesta y resultados de la validación

De todo el análisis anterior se puede destacar que existen cuatro referentes teóricos fundamentales para la elaboración del tutorial:

1. El comportamiento y aprendizaje del discapacitado visual.
2. Las Habilidades desarrolladas con las inteligencias múltiples.
3. El estudio de los medios de enseñanza-aprendizaje.
4. El uso de las Tecnologías para el aprendizaje.

Sobre el comportamiento y aprendizaje se consideró que los discapacitados visuales tienen características específicas, por la forma de adquirir el contenido y las vías fundamentales para adquirirlo.
Mediante la observación de las clases se evidencia que para obtener las habilidades perceptivas, cognitivas y motoras se deben considerar la percepción auditiva y táctil kinestésica, lo que permite desarrollar la imaginación, dominar la orientación espacial y estimular la memoria a través de la ejercitación con el tutorial.
Los resultados investigativos de los autores sugieren diseñar un medio de enseñanza y aprendizaje del tipo software educativo en forma de tutorial, que presenta la enseñanza del teclado y de él se deriva la enseñanza de los bloques de funciones, alfanumérico, de direcciones y el bloque numérico. El tutorial trabajará con el lector de pantalla JAWS y describe: la forma del teclado, el elemento que se conecta a la Unidad de Control y Procesos, los bloques o zonas que lo componen y las combinaciones de teclas.
Este tutorial detalla en cuatro actividades cada uno de los bloques que existen en el teclado, las particularidades que presenta el teclado de funciones cuando se trabaja con el lector JAWS así como las hileras o filas del bloque alfanumérico.
Como facilidad de este tutorial se brinda la posibilidad de usar este tutorial con formato Mp3, para permitir su escucha fuera del aula o donde no halla computadora, mediante equipos de música con puerto USB, DVD, mp4 y otros.
Para obtener más elementos que promuevan el desarrollo del estudiante se realizó un estudio de la Concepción Desarrolladora del Aprendizaje [19] [20] y se concluyó que el tutorial debe apuntar hacia los aportes dados por estos investigadores. En este sentido se estimula al estudiante a activar y regular la apropiación del contenido, muestra la significatividad del aprendizaje y se incita al control individual y colectivo del aprendizaje. Con esto se logra en los estudiantes una socialización entre ellos que en los momentos actuales es deficiente para los discapacitados visuales.
Para el buen desempeño del estudiante con el tutorial se adiciona un sistema de tareas docentes que permite orientar al estudiante hacia el uso correcto de él. Estas orientaciones en las tareas facilitan las ejecuciones y el control del aprendizaje.
Ejemplo de orientaciones:
Compañero estudiante. Para resolver la tarea usted debe seguir los siguientes pasos:

1. Recuerde antes de comenzar los ejercicios las zonas espaciales (la derecha, la izquierda, arriba, debajo, delante y atrás).
2. Resolver los incisos en el orden ascendente en que se muestran (primero el 1, después el 2, etc.)
3. Si no sabe como realizar el ejercicio puede asesorarse de algún compañero del aula y luego trate de realizarlo usted de manera independiente. Esta acción puede transitar desde usted hacia un compañero o desde un compañero hacia usted, por lo que la comunicación debe ser en un ambiente amistoso.
4. Al culminar la tarea el estudiante deberá repasar todo lo realizado con el objetivo de fijar el contenido.

El diseño del tutorial consideró un orden lógico y sistémico. Este diseño se muestra a en el la Figura1.

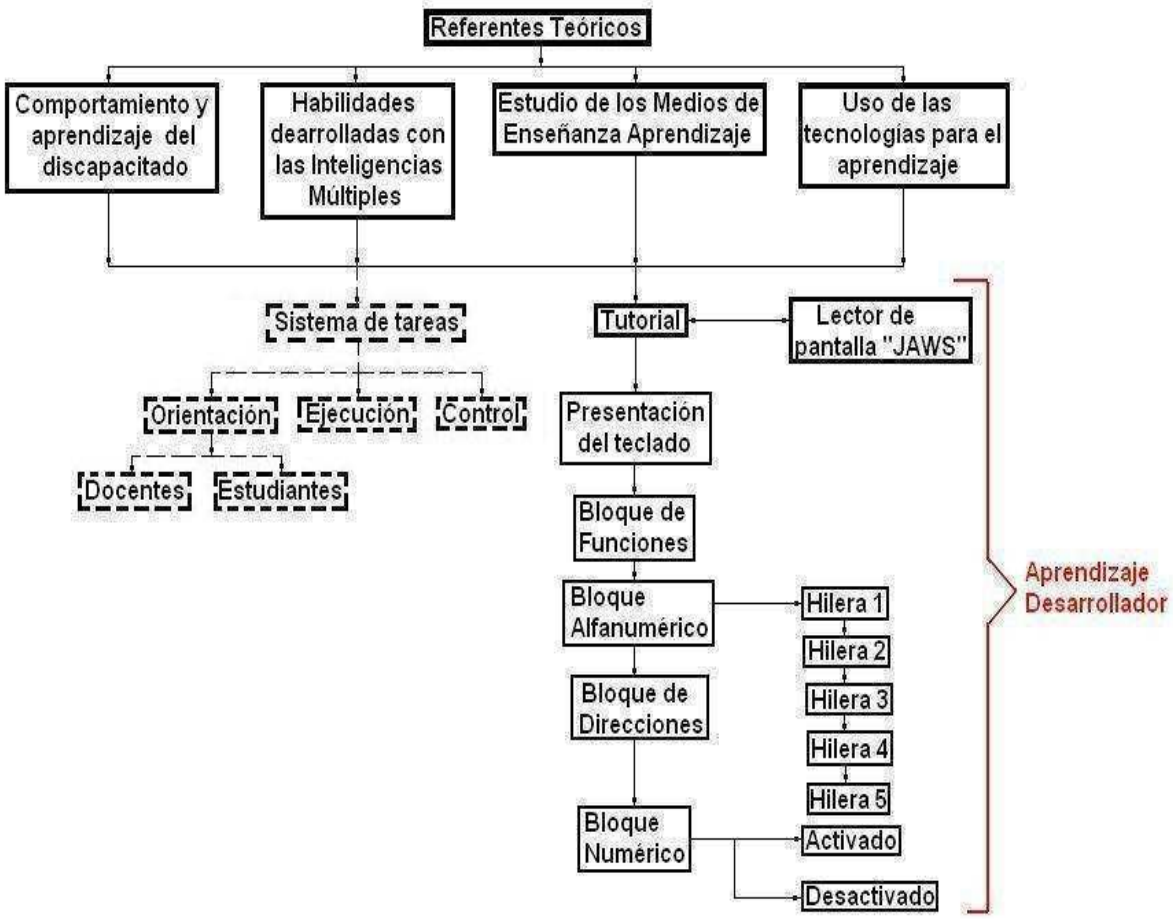


Figura 1. Elementos que intervienen en el diseño del tutorial

Este tutorial se aplicó en los cursos que se ofertan en los Joven Club de Computación y Electrónica y en la ANCI de la Ciudad de La Habana, Cuba. En estos cursos se aplicaron pruebas pedagógicas para constatar el desarrollo de los estudiantes sin el tutorial y aplicando el mismo.
El contenido de la prueba pedagógica se muestra a continuación:

Prueba Pedagógica aplicada a los estudiantes sin el estímulo experimental y con el estímulo experimental

Pregunta 1. Responda con verdadero o falso las siguientes afirmaciones.

___ La tecla F1 se utiliza para buscar la ayuda.
___ El teclado esta formado por cinco zonas o bloques.
___ Las teclas mudas o comodines son Shift, Alt, Windows, ctrl. e Insert.
___ La línea principal se identifica porque está en el centro del teclado.
___ Windows + M se utiliza para cambiar el idioma.
___ En el bloque alfanumérico las teclas se utilizan según la configuración del idioma. Estos idiomas pueden ser el Español Tradicional, el Español Internacional y el idioma Inglés.
___ La combinación Insert + T proporciona el título de la ventana que esta en ejecución.
___ El bloque numérico se utiliza solamente con el Num Lock activado.
___ Las teclas de dirección se repiten en el bloque numérico cuando está desactivado el Num Lock.

Para comprobar la validez de la preguntas se realizó una encuesta a expertos en la enseñanza de discapacitados visuales en nuestro país. Se encuestaron un total de 4 expertos y los resultados se muestran en la figura 2.

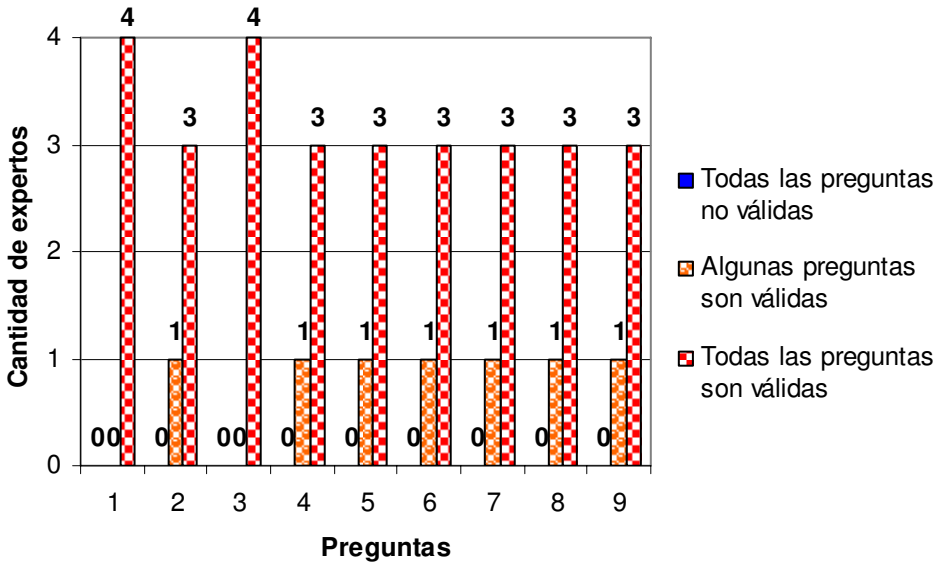


Figura 2. Comprobación de la validez de las preguntas.

Como se puede observar más del 75% de los expertos (mayor e igual que tres) estimaron que todas las preguntas eran correctas para evaluar el proceso enseñanza-aprendizaje del teclado en los discapacitados visuales. Y ningún experto estimó que todas las preguntas no eran válidas.
Los resultados después de aplicadas las pruebas pedagógicas se muestran en los gráficos de la figuras 3 y 4 respectivamente. En esta experimentación se utilizó como muestra el 100% de los estudiantes (23). En ellos se puede observar que al aplicar el tutorial en el proceso enseñanza-aprendizaje del teclado para los discapacitados visuales se logra un mayor desarrollo en cuanto a las soluciones correctas a los ejercicios propuestos.

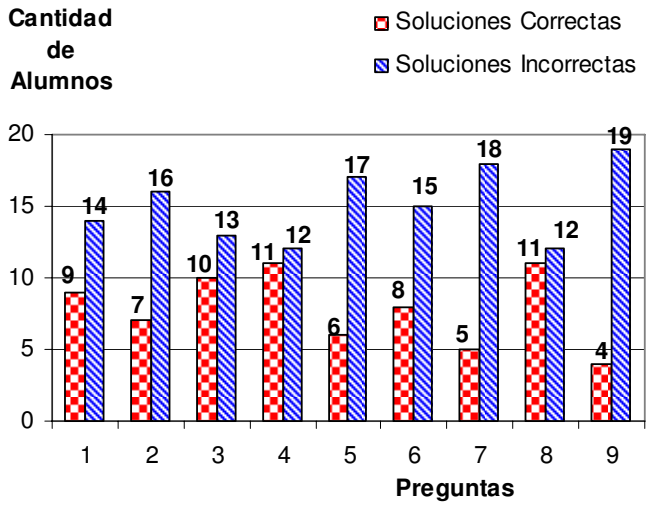


Figura 3. Resultados por preguntas de la aplicación de la prueba pedagógica sin aplicar el estímulo experimental.

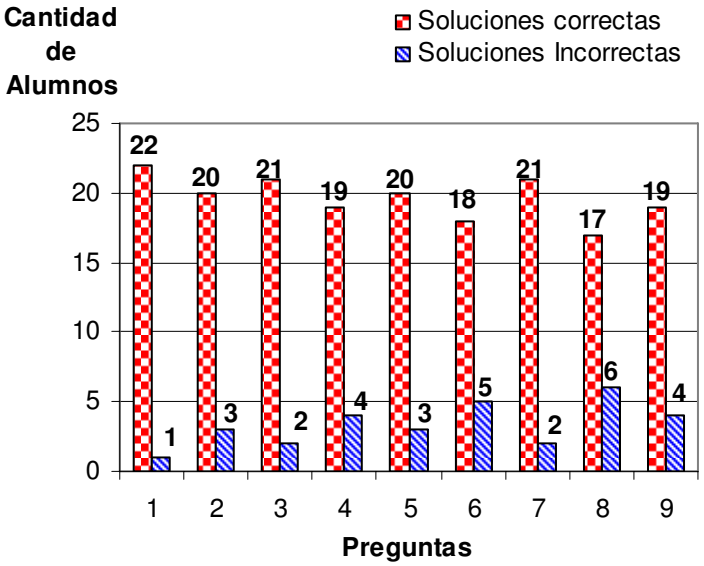


Figura 4. Resultados por preguntas de la aplicación de la prueba pedagógica al aplicar el estímulo experimental.

3. CONCLUSIONES.

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la informática en las personas con discapacidad visual requiere adquirir de forma paulatina y progresiva habilidades de carácter perceptivo, cognitivo y motor.

Para que las personas con discapacidad visual exploten correctamente los servicios informáticos deben tener dominio de la orientación espacial arriba, abajo, izquierda, derecha, entre otras, a través de la percepción táctil-kinestésica que están presentes en todas las ejecuciones.

En un discapacitado visual la imaginación y la memoria juegan un papel fundamental para realizar la interfaz. Con ellas podrá reflejar mentalmente el monitor, de lo contrario deberá escuchar el resultado a través del sintetizador de voz.

Se considera la comunicación de audio como medio fundamental en el proceso e enseñanza-aprendizaje de un discapacitado visual por lo que se elabora un Tutorial con características interactivas, de fácil uso, asequible y accesible para el trabajo individual y colectivo.

Para valorar la propuesta se aplicó un instrumento que fue validado por expertos.

Las pruebas pedagógicas demuestran que el rendimiento académico de los discapacitados visuales respecto al manejo del teclado es superior utilizando el tutorial que si no lo hicieran.

4. REFERENCIAS.

[1] Álvarez de Zayas, R. M. (1997). “Hacia un curriculum integral y contextualizado”. *Tegucigalpa: Universitaria*. Colección docencia No.80. HO, México.

[2] Alfonso S, I. (2003). Elementos conceptuales básicos del proceso de enseñanza-aprendizaje.

[3] Mon, F. (1998). Algunas definiciones entorno al concepto de discapacidad visual. *Interedvisual*. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/ftp/fm_alg_definiciones_dvisual.doc

[4] Mon, Fabiana, (2004). Orientación y movilidad de adultos. *Periódico sobre discapacidad “EL Cisne”*. Edición de diciembre. Disponible en: http://www.espaciologopedico.com/

[5] Cruz Pedraza, M. C. (2010). Adaptaciones visuales y táctiles en teclados de ordenador : una opción para usuarios con deficiencia visual [Práctica]. Revista ONCE. Nº 56 (enero-abril). Disponible en: http://www.once.es/serviciosSociales/index.cfm?navega=pdfhtmlcat

[6] Galian, J. y Pérez, P. (2003). VIII Reunión sobre Universidad y Discapacidad. Ponencias y crónicas. Disponible en:

http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICERRECTORADOS/EXTENSION/DICAP/RECURSOS/PUBLICACIONES/PUBLICACIONES%20UNIDIS/ATENCION%20A%20LOS%20ESTUDIANTES/CAPITULOS%20DE%20ATENCION%20A%20ESTUDIANTES%20CON/08-BIBLIOGRAF%C3%8DA.PDF
[7] Ávila M, P. (1999) Aprendizaje con nuevas tecnologías. Paradigma Emergente. Medio
[8] Castellano, D. y otros. (2002). "Hacia una concepción del aprendizaje desarrollador". ISPEJV. Colección Proyectos. La Habana. Cuba.
[8] Mateo, J. (2006). "Más allá de la medición y la evaluación educativa". Ed. La Muralla. Madrid, España. Disponible en:
http://lamiradapedagogica.blogspot.com/2006/09/competencias-conocimientos-capacidades.html
[10] Cardona O, G. (2002). Tendencias Educativas para el siglo XXI. Educación virtual, on line, @ learning. Elementos para la discusión. Disponible en:
http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec15/cardona.pdf
[11] Goog, C.V. (1945). New Cork. McGraw-Hill Book Company. 495 Pág. Disponible en:
http://www.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/basic_connect?qsearch=Dictionary+of+Education+Good+&version=1
[12] Adame T, A. (2009). Medios audiovisuales en el aula. No.19. Cordova, España ISSN 1988-6047. Dep. legal 2922/2007. Disponible en:
http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_19/ANTONIO_ADAME_TOMAS01.pdf
[13] Cabero, J. D, y Otros (2002). Organización escolar y medios de enseñanza. Pág 21. Universidad de Sevilla, España. Disponible en: http://tecnologiaedu.us.es/cuestionario/bibliovir/76.pdf
[14] Cabero, J y Otros. (2005). Las TIC y la Educación Ambiental. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa. 4 (2), 9-26. Disponible en:
http://www.unex.es/didactica/RELATEC/sumario-4-2.htm
[15] Tiflología. Monografías sobre Educación, Rehabilitación e Inclusión de personas ciegas y disminuidas visuales. Disponible en:
http://tiflologia.blogspot.com/2005/10/estimulacin-sensorial-del-nio-ciego.html
[16] Tiflología: Ayúdame a aprender (2009). *Monografías sobre Educación, Rehabilitación e Inclusión de personas ciegas y disminuidas visuales*. Disponible en:
http://tiflologia.blogspot.com/2009/07/ayudenme-aprender.html
[17] Rodríguez L, R. (2001). Sistema tutorial para la enseñanza del tipo dato objeto. *Revista Industrial.* Vol. XXIII/No.1/2002. Disponible en:
www.monografias.com/trabajos-pdf2/.../elementos-basicos-multimedia.pdf
[18] Polo V, A. (). Elementos básicos de multimedia. Folleto. *Centro de informática y Comunicaciones.* Págs. 28. Disponible en:
http://www.ucp.vc.rimed.cu/sitios/varela/articulos/rv0429.pdf
[19] Colectivo de autores (2001). "Hacia una Concepción del Aprendizaje Desarrollador". ISPEJV. Colección Proyectos, Centro de Estudios Educacionales. Ciudad de La Habana, Cuba.
[20] Collazo, R (2005). "Tareas de aprendizaje. Sus exigencias actuales". Colección 4. Al docente. Didáctica Desarrolladora. Editorial CEIDE. México.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

COMPATIBILIDAD Y PLURIDISCIPLINARIEDAD ENTRE EL CICLO BÁSICO Y EL CICLO SUPERIOR

Milevicich, Liliana*, Lois, Alejandro

Facultad Regional General Pacheco. Universidad Tecnológica Nacional
Hipólito Irigoyen 288. General Pacheco. (1617). Buenos Aires. Argentina
liliana_milevicich@yahoo.com.ar; alelois@hotmail.com

RESUMEN.

Los procesos de acreditación de las carreras de Ingeniería ponen de manifiesto, a través de los informes de evaluación, un conjunto de falencias que en mayor o menor grado obstaculizan tales procesos.
Entre ellos, se observa:

- *escasa compatibilidad entre los programas académicos y la propia especialidad,*
- *escasa interdisciplinaridad entre las materias del ciclo básico y el ciclo superior de la carrera.*

Nuestro trabajo inicia con una indagación sobre el origen del problema que nos remite algunas etapas que precedieron a lo que hoy, recogiendo la herencia de los siglos XVII y siguientes, se ha venido a denominar *ciencia* y también *disciplina. Luego,* se centra en el análisis sobre ambos ítems enunciados.
Se incluyen propuestas de superación a través de una aproximación transdisciplinar al conocimiento. Desde la perspectiva de lo que a nuestro juicio, constituye el origen del problema, se realiza una propuesta efectiva para desarrollar en el alumno actitudes y aptitudes más acordes para transitar el ciclo superior de la carrera, así como para la construcción del conocimiento mediante el estímulo de la creatividad e innovación.
Las situaciones propuestas corresponden a problemas que se sitúan en una determinada disciplina de las carreras de Ingeniería, sin embargo la perspectiva transdisciplinar trasciende los límites conceptuales de la materia y promueve una profundización sobre las problemáticas de carácter global.
Finalmente, desde un enfoque académico, sin descartar la posibilidad de generar nuevas líneas de investigación, creemos que es necesario profundizar la aproximación: *transdisciplinariedad* y *docencia universitaria*, de modo que facilite articular una nueva actitud frente al conocimiento, esto es: un proceso de aprender a ser profesor en la enseñanza superior y dinámicas de significación de la propia trayectoria y de referenciales teórico-metodológicos.

Palabras Claves:

Compatilibidad – Interdisciplinariedad – Pluridisciplinariedad - Transdisciplinariedad

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteo del problema

Los procesos de acreditación de las carreras de Ingeniería ponen de manifiesto un conjunto de falencias que en mayor o menor grado obstaculizan tales procesos. Este conjunto se puede explicitar resumidamente del siguiente modo:

- escasa compatibilidad entre los programas académicos y la propia especialidad,
- escasa interdisciplinaridad entre las materias del ciclo básico y el ciclo superior de la carrera,
- insuficientes oportunidades de formación pedagógica para los docentes de enseñanza superior,
- débil coordinación entre las instituciones de educación superior que ofertan carreras de ingeniería y los organismos públicos y privados vinculados a actividades de educación,
- mínima presencia de programas de investigación sobre la problemática específica de cada carrera,
- insuficientes recursos económicos destinados a la investigación,
- escasez de proyectos que faciliten la obtención de fondos extra-universitarios para investigación,
- insuficiente disponibilidad de recursos para la organización de eventos destinados al intercambio de experiencias, discusión y análisis de resultados de investigaciones realizadas,
- débil coordinación entre las instituciones de educación superior que ofertan carreras de ingeniería y los organismos públicos y privados vinculados a actividades de investigación,
- escasa vinculación con medio,
- limitada formación y experiencia de docentes y estudiantes en aspectos metodológicos del trabajo específico de la especialidad.

Los estándares para la acreditación de las carreras de Ingeniería en Argentina, promueven la aplicación de un programa de Acreditación a favor de un conjunto de aptitudes que caractericen al graduado de ingeniería. Entre ellas se enuncia: "*Aplicar sus conocimientos de matemáticas, ciencias básicas y ciencias de la ingeniería para resolver problemas de la ingeniería con capacidad de análisis y síntesis*". [1]
Más aún, específicamente en el Ciclo de las Ciencias Básicas se explicita que: "*El objetivo de los estudios en matemática es contribuir a la formación del pensamiento lógico-deductivo del estudiante, proporcionar una herramienta heurística y un lenguaje que permita modelar los fenómenos de la naturaleza. Estos estudios estarán orientados al énfasis de los conceptos y principios matemáticos más que a los aspectos operativos*" [1]
Para lograr tales propósitos, el ciclo de las Ciencias Básicas tiene asignado un total de 750 horas de las cuales el 53 % están destinadas a Matemática, tal como se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. *Ciclo de Ciencias Básicas, distribución de horas por disciplina*

DISCIPLINAS	HORAS
Matemática	400
Física	225
Química	50
Sistemas de Representación y Fundamentos de Informática	75
TOTAL	750

Sin embargo, a juzgar por los informes producidos por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), la escasa interdisciplinaridad entre las materias del Ciclo Básico y entre los Ciclos Básico y Superior de la carrera, sigue siendo uno de los problemas con mayor arraigo en la educación superior. [2]
Los informes finales de evaluación externa producidos por la citada Comisión hacen mención al problema como una de las debilidades de la universidad evaluada en cada caso.
A modo de ejemplo, reproducimos brevemente algunos párrafos de los documentos publicados:

"...Insuficiente articulación de los componentes básicos y especializados de cada ámbito disciplinar con los componentes más relevantes de la formación general. No existe una clara diferenciación entre ciclos y ello conduce, en el transcurso curricular, a una confusión de los aspectos relativos a la formación general, la formación básica y la especialización académica y profesional." (Informe final de evaluación externa Universidad Nacional del Litoral, pág. 29)

"...Insuficiente articulación académica entre las facultades con contenidos equivalentes en las disciplinas básicas que permitan transferencias de los alumnos entre carreras, de modo tal que éstas pierdan su carácter cerrado y de compartimientos estancos. La articulación académica entre las carreras y facultades aparece ejemplificada en el reciente proyecto de instauración del módulo transversal de matemática, pero al parecer no prevé la circulación de profesores sino sólo de alumnos." (Informe final de evaluación externa Universidad Nacional del Nordeste pág. 30)

"Las facultades muestran, según opiniones de sus integrantes, algunos ejes transversales comunes a tener en cuenta. Entre ellos es importante destacar:
a. Escasa inter-disciplinariedad: la mayor parte de las asignaturas y/o áreas que conforman los planes de estudio pertenecen al Departamento o a la Facultad, es necesaria una mayor flexibilidad para ampliar las opciones académicas y mejorar el uso de los recursos humanos dedicados a la docencia.
b. Pocas posibilidades de cursar asignaturas optativas, lo cual refuerza la falta de una perspectiva interdisciplinaria.
c. Baja articulación con el medio para el desarrollo de prácticas profesionales.
d. Carencia de estándares a priori, lo que dificulta medir adecuadamente algunas de las metas propuestas." (Informe final de evaluación externa Universidad Nacional del Nordeste, pág. 27)

"La organización de un equipo central para el seguimiento y mejora de la gestión académica, que define el compromiso institucional para fortalecer este aspecto de la gestión. No obstante, no se identifican canales claros de articulación con la incorporación de equipos técnico pedagógicos para el seguimiento del desempeño curricular de las Facultades." (Informe final de evaluación externa Universidad Nacional de la Plata, pág. 60)

"Con respecto a los contenidos dados en al área de Física y Matemática, se detectan algunas inconsistencias relativas a su articulación.
Con respecto a Matemática ... la auto-evaluación detectó la necesidad de incrementar la formación en Matemática, proponiendo el dictado de temas de matemática avanzada y, si bien esta asignatura está prevista para el doctorado en Ingeniería, de las entrevistas con los docentes surgió que consideraban altamente factible su dictado como materia optativa de grado, de modo de favorecer la integración." (Res. 430-03 correspondiente a Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta, Pág. 12)

1.2 Antecedentes

Una indagación sobre el origen de la problemática nos remite algunas etapas que precedieron a lo que hoy, recogiendo la herencia de los siglos XVII y siguientes, se ha venido a denominar *ciencia* y también *disciplina*. Para esto y sin pretender ser exhaustivos, nos referiremos a tres momentos claves.
En primer lugar: *la Antigüedad Griega.* Se dice que los griegos dieron el paso consistente en separar el mito de la filosofía; lo cual equivaldría a decir que los griegos cultivaron un saber, saber analítico que presagiaba el saber científico a la manera de occidente. Parece que esta interpretación toma la parte por el todo, señalando definitiva y exclusivamente el origen de la ciencia actual en determinada escuela griega.[4]

El segundo momento clave es aquel que precede el advenimiento de la ciencia moderna iniciada en el siglo XVII: *el saber Medieval*. Antes del año 1500 en Europa y en la mayoría de las civilizaciones prevalecía una visión orgánica del mundo. Parafraseando a Fourez, podemos decir que la naturaleza de la ciencia medieval era muy diferente a la de la ciencia actual. La meta de la ciencia en el Medioevo era comprender el significado y la importancia de las cosas, no predecirlas o controlarlas. Prevalecía una visión de la tierra como creada por Dios y hábitat del hombre y no como un botín al que se podía recurrir para explotarlo a su antojo. En la Edad Media los científicas que investigaban el objetivo primario de los distintos fenómenos naturales daban la máxima importancia a todo lo relacionado con Dios con el alma humana y con la ética. [4]
Sin embargo, el *paradigma Clásico de la Ciencia* se origina en la ciencia clásica a partir del siglo XVII. Surge progresivamente a partir del pensamiento de tres personajes: Renato Descartes (en lo que se refiere a las bases filosóficas), Francisco Bacon (en lo concerniente al método), e Isaac Newton (en cuanto a la realización y perfeccionamiento de tal paradigma).
El primero de ellos, Descartes propuso la división de la naturaleza en dos reinos independientes: el de la mente y el de la materia. Esta separación no solamente pesó en el desarrollo de la Física Clásica sino que ejerció una tremenda influencia sobre el modo de pensar occidental, y lo sigue haciendo aún en la actualidad.
Por su parte, Bacon fue el propulsor de la reforma metodológica que produjo el paradigma clásico a partir de proponer la inducción en vez de la deducción, como método de la ciencia. Pensaba que solamente a través de la observación se lograba comprender la naturaleza.
Sin embargo, el artífice definitivo del paradigma disciplinar clásico de la ciencia fue Newton. No sólo utilizó los fundamentos filosóficos y metodológicos del paradigma en formación, sino lo llena con el contenido de sus estudios y descubrimientos, elaborando así un verdadero monumento de síntesis entre forma y contenido de la ciencia.
Este paradigma científico que dominó durante casi trescientos años, entre el siglo XVII y finales del XIX, se puede describir a partir de 3 características: el *reduccionismo* que sostiene que existe un solo punto de vista para la ciencia, la *disyunción* que implica que algo es verdadero o falso, sin que exista una tercera opción y la *objetividad* que sostiene que los procesos científicos son independientes del sujeto, el cual se comportaría como la película de una cámara fotográfica, es decir de manera completamente pasiva. Desde esta perspectiva, los datos científicos serían el reflejo fiel de la realidad sin ninguna mediación del sujeto cognoscente, el cual no aporta nada al conocimiento.
En el contexto de este paradigma, hablar de disciplinariedad es hablar de autonomía de las ciencias en cuanto a delimitación de su campo, lenguaje, técnicas y teorías que las orientan. [3]
El conocimiento científico se organiza por disciplinas, las cuales establecen la división y especialización del trabajo, de acuerdo con los diversos campos de las ciencias.
Desde el punto de vista disciplinar, la educación se organiza por disciplinas y asignaturas. Los objetivos y contenidos son propios de cada disciplina y están referidos a su campo de acción.
Desde una visión más acorde con los tiempos actuales, este paradigma, aún vigente en gran parte de los centros de estudios de la educación superior, pone de manifiesto un conjunto de limitaciones: por una parte el riesgo de la hiper-especialización, y por la otra la posibilidad de examinar los problemas a la luz de una sola disciplina.

2. DESARROLLO

2.1. La interdisciplinariedad-pluridisciplinarieadad-transdisciplinariedad como intento de solución a las dificultades de la disciplinariedad.

El tema de la interdisciplinariedad-pluridisciplinariedad nació de constatar que la aproximación al mundo a través de una disciplina particular era sesgada y generalmente demasiado limitada. [4,5] Como respuesta al paradigma disciplinar, cada vez más se reconoce que para estudiar una determinada cuestión de la vida cotidiana son precisas múltiples aproximaciones.
La *pluridisciplinariedad*, por su parte, intenta estudiar el objeto de una sola y misma disciplina por varias disciplinas a la vez y la *interdisciplinariedad* busca aplicar los métodos de una disciplina a otra y en algunos casos generar una nueva disciplina. [6,7] Tal es el caso de la Física-Matemática, generada a partir de la transferencia de los modelos matemáticos a la Física.

En ambos casos, construir una nueva representación del problema de manera inter-pluri/disciplinar puede resultar más adecuada independientemente de todo criterio particular. Se espera que se asocien, por ejemplo, la biología, la sociología, la sicología, etc., con lo cual se podrá obtener una ciencia de la salud más adecuada, objetiva y universal porque examinará muchos más aspectos del problema y libre de los sesgos de cada una de las aproximaciones particulares.
Sin embargo, advierte Fourez [5] que semejante aproximación inter-pluri/disciplinar no hace más que producir una nueva aproximación particular. El objetivo no es crear una nueva disciplina científica, ni un discurso universal, sino recobrar un problema concreto desde una visión compartida.
Es posible hipotetizar, tal como lo sostiene Bishop [8] que las ciencias han llegado al límite de su capacidad de articular una comprensión de la complejidad en los lenguajes formales que cultivan y que se debiera pensar en una forma integrada de abordar el conocimiento científico.
Nichita [9] propone un modelo de integración donde la interdisciplinariedad y pluridisciplinariedad interactúan, pero ambas nutren a una nueva visión: la aproximación transdisciplinar al conocimiento científico (Figura 1)

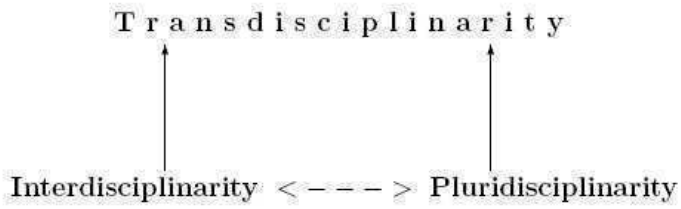


Figura 1. Interacción entre inter-pluri-trans/disciplinariedad

Una educación con espíritu transcomplejo, lo será también en sus estructuras, en su organización, en las dimensiones de su gestión y en la administración.
La estructuración del diseño curricular es una muestra clara de la ausencia de integración.
Dice Peñalver que:

> "la estructuración del diseño curricular, en los momentos en que ello ha sido posible, se ha convertido en un escandaloso pugilato definido por dos golpes básicos: un fuerte derechazo porcentual, que se distribuye en las distintas áreas de conocimiento, y una izquierda con rango de importancia, porque se define que área es más importante que otra". [3: pág. 2]

En noviembre de 1994, se llevó a cabo en Portugal el Primer Congreso Internacional sobre la Transdisciplinariedad. Participaran dos países de América del Sur (Argentina y Brasil), Estados Unidos, Japón, Australia, y nueve países de Europa. Asistieron antropólogos, sociólogos, mitólogos, lingüistas, especialistas de la semiótica, interesados en los medios de comunicación, en la cultura y en la Ética, la Arquitectura y la tecnología informática, lo mismo que comprometidos con formas de acción social y política, y, finalmente, representantes del Psicoanálisis.
Aunque muchos participantes eran autoridades en sus campos respectivos, esto no significó un consenso en cuanto a lo que debe entenderse por transdisciplinariedad pero sí en cuanto a que la fragmentación de las disciplinas estaba fracasando en su servicio a la sociedad frente al complejo de problemas globales e iniciativas conflictivas.
La gran preocupación por el tema y el interés por ahondar sobre la problemática en cada uno de los países participantes, dio lugar a un la creación del Centro Internacional para estudios Transdisciplinares (CIRET) y, acto seguido, la realización de un encuentro auspiciado por UNESCO en Paris [10]
El segundo Congreso Internacional en Locarno, Suiza, un año después, versó sobre el tema: *"¿Qué clase de Universidad para mañana? Hacia una evolución transdisciplinar de la Universidad".*
Esta convocatoria produjo una declaración donde:

- se señala la importancia que asume la Educación Superior y la Universidad, la cual debe evolucionar hacia el conocimiento de lo universal, orientarse hacia la búsqueda de sentido por medio de la educación integral del ser humano.

- Propone la Transdisciplinariedad como la vía de autotransformación orientada al conocimiento de sí mismo, hacia la unidad del conocimiento y a la creación de un nuevo arte de vivir.
- Propone unificar las dos culturas artificialmente antagonistas: la cultura científica y la cultura literaria o artística.
- Declara que la educación transdisciplinar revalúa el papel de la intuición, de lo imaginario, de la sensibilidad y del cuerpo en la transmisión de los conocimientos.

A continuación, como parte del mismo documento, se publicaron una serie de recomendaciones:

- Se sugiere a la UNESCO la creación de una cátedra en asociación con la Universidad de las Naciones Unidas, para informar sobre los conceptos y métodos de la Transdisciplinariedad.
- Habituar a los estudiantes a pensar las cosas con claridad y en su contexto. Se pide que el CIRET prepare en las lenguas de la UNESCO, la recensión de las experiencias transdisciplinares innovadoras.
- Que las universidades realicen programas de formación con contenido específicamente transdisciplinar
- Se pide al CIRET junto con las ONG, fundaciones y universidades fundar cuatro talleres regionales de investigación transdisciplinar, que implique la visión transcultural transreligiosa, transpolítica y transnacional.
- Dedicar por cada disciplina el 10% del tiempo a la enseñanza transdisciplinar. [11]

A partir de ese momento, siguieron varios encuentros locales e internacionales. Cabe mencionar por su relevancia:

- El evento en Turkia, cuyo tema central fue: “Las perspectivas de la Educación Universitaria en el siglo 21” [12]
- El evento en Estados Unidos, cuyo tema de convocatoria fue: “Transdisciplinariedad y la unidad del conocimiento” **(**University of Pennsylvania, 2007) [13]
- El encuentro auspiciado por UNESCO en Paris, en relación con el encuentro de dos culturas. [14]

2.2 Una aproximación transdisciplinar al conocimiento

En la educación superior, surge el cuestionamiento sobre cómo promover las formas integradas de investigación y la transferencia de métodos entre disciplinas que permita enlazar tres aspectos claves del conocimiento, tal como lo propone Souza Da Silva [15]:

- El sistema de conocimiento (relacionado con los procesos empíricos que han hecho aflorar los presentes problemas y que pueden también influir en el desarrollo de un problema futuro).
- El objetivo del conocimiento (se refiere a los valores y normas que son aceptables como bases para determinar los objetivos propios del proceso de resolución de problemas).
- El conocimiento de transformación (hace referencia al hecho de si la situación de un determinado problema puede ser transformada o mejorada y los caminos o estrategias para lograrlo).

Creemos que una aproximación transdisciplinar permite construir una representación del problema mucho más adecuada e independiente de todo criterio particular, crea la necesidad de trabajar sobre un proyecto compartido y se valoriza y fomenta: la investigación del entorno, el trabajo cooperativo, el conocimiento integrado, la interacción continua entre el que enseña y el que aprende, el uso de diversas fuentes y entornos de aprendizaje, la creatividad.

A modo de ejemplo proponemos una primera situación problemática en la que confluyen varias disciplinas y algunas sub-disciplinas (en el caso de Matemática y Biología), tal como se indica en la figura 2.

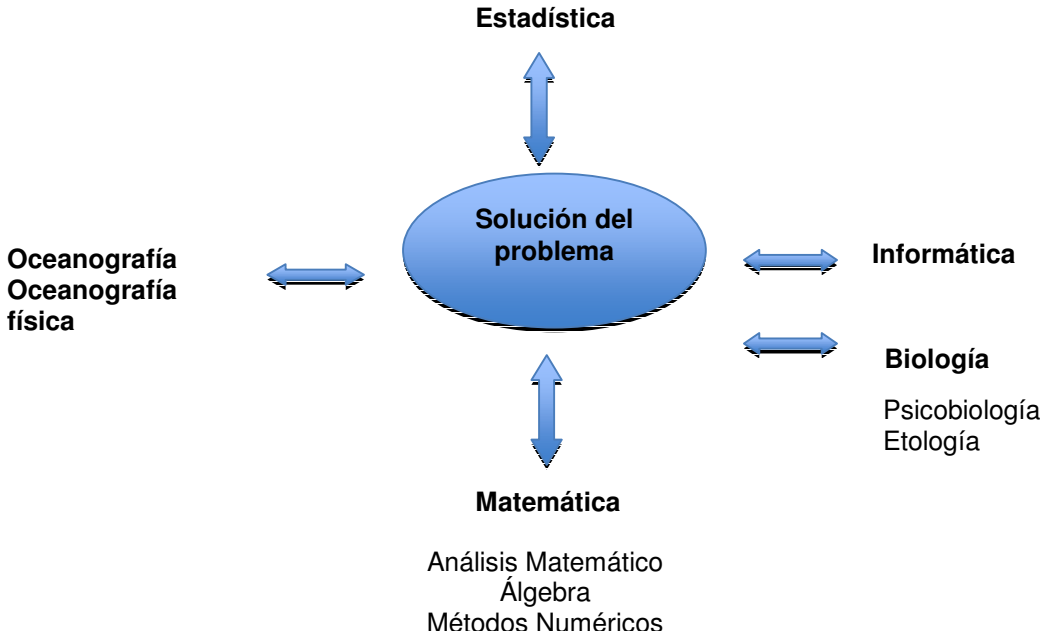


Figura 2. Esquema de relación entre disciplinas que intervienen en la solución del problema 1

Situación problemática 1

Los tiburones están bajo la creciente presión resultante de la industria de la pesca global.
Mientras las reservas de peces comestibles descienden, muchas flotas de pescadores están optando por los tiburones como fuente alternativa de comida, con efectos catastróficos potenciales no sólo para la población de tiburones, sino para el ecosistema marino. Estos peces crecen muy lentamente y les lleva un buen tiempo alcanzar la madurez sexual: 20 años o más en algunas especies. Cuando se reproducen, generan pocas crías en comparación con otras especies de peces.
El descenso del número de tiburones tiene serias consecuencias para los ecosistemas en los que viven. Son parte esencial de la cadena alimenticia, y su naturaleza depredadora los ayuda a mantener a raya el número poblacional de las especies de sus presas.
Por otra parte, localizar la comida es una habilidad crítica para todo animal.
Al igual que la mayoría de los peces, los tiburones utilizan células sensoriales en las líneas laterales de sus costados para detectar las olas de presión causadas por otras criaturas que pasan cerca. EL tiburón tigre puede olfatear sangre a una distancia de 4000 m., un tercio de su cerebro está dedicado al sentido del olfato.
Es el primero en llegar a las presas. Esto le confiere una ventaja competitiva sobre otras especies a la hora de repartirse el motín.
Los biólogos marinos han determinado que cuando un tiburón tigre detecta la presencia de sangre en el agua, nada en la dirección en la cual la concentración de ella se incrementa con mayor rapidez.
En base a estudios experimentales, la concentración de sangre (en partes por millón), en un punto P(x,y) sobre la superficie del agua de mar, se puede modelizar mediante la función:

$$C(x,y) = e^{-\frac{(x^2+2y^2)}{10^4}}$$

(x e y se miden en metros en un sistema de coordenadas rectangulares con la fuente de sangre en el origen).

Se necesita
a) identificar y graficar las curvas que corresponden a puntos de igual concentración
b) Suponga que un tiburón está en cualquier posición cuando detecta por primera vez la presencia de sangre en el agua. ¿Cuál es la trayectoria del mismo?.

A partir del modelo experimental es posible realizar un análisis del problema desde diferentes perspectivas. La exploración a partir de gráficos que representen los modelos, brindan valiosa información.
En este caso, mediante la utilización de un sistema computaciónal, se puede observar que el punto de mayor concentración corresponde al origen de coordenadas y que se trata de una función continua y decreciente (gráfico 1).
Las curvas correspondientes a puntos de igual concentración se obtienen al intersecar el gráfico con planos paralelos al plano (xy)[1]. Estas curvas son elipses concéntricas y permiten determinar cómo se concentra la sangre en la superficie del mar (gráfico 2).
Finalmente, lo más importante será poder brindar información sobre el recorrido del tiburón. Para ello, es posible realizar un esquema cualitativo de la trayectoria a partir de un campo de direcciones (gráfico 2). Para la obtención de tal trayectoria , es necesario recurrir al vector gradiente, ortogonal al campo de direcciones en cada punto: $< -\frac{e^{\frac{-x^2-2y^2}{10000}}x}{5000}, -\frac{e^{\frac{-x^2-2y^2}{10000}}y}{2500} >$, y un análisis cualitativo y algebraico de la pendiente en cada punto de la trayectoria .

Así la solución general de la ecuación diferencial dy/dx = 2 y/x, dada por y(x) = k x^2, y las soluciones particulares permiten concluir que el tiburón recorre trayaectorias parabólicas (gráfico 2).

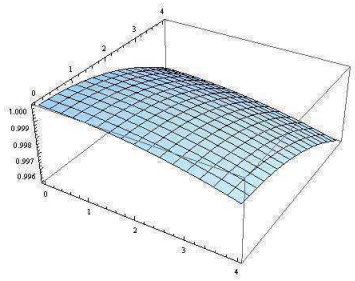


Gráfico 1. Representación gráfica del modelo de concentración de sangre

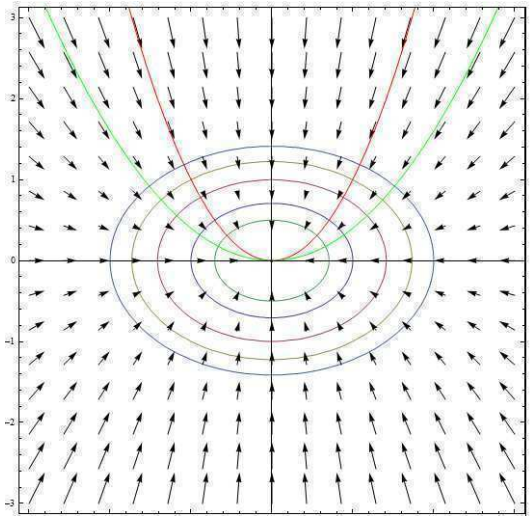


Gráfico 2. Curvas de nivel de la concentración de sangre en el mar, campo de direcciones y soluciones particulares de la ecuación diferencial de la trayectoria

[1] Para obtener tales curvas se deberá operar convenientemente sobre la ecuación, con lo cual resulta resulta: $x^2 + 2y^2 = k$.

En el segundo problema propuesto también confluyen varias disciplinas (figura 3)

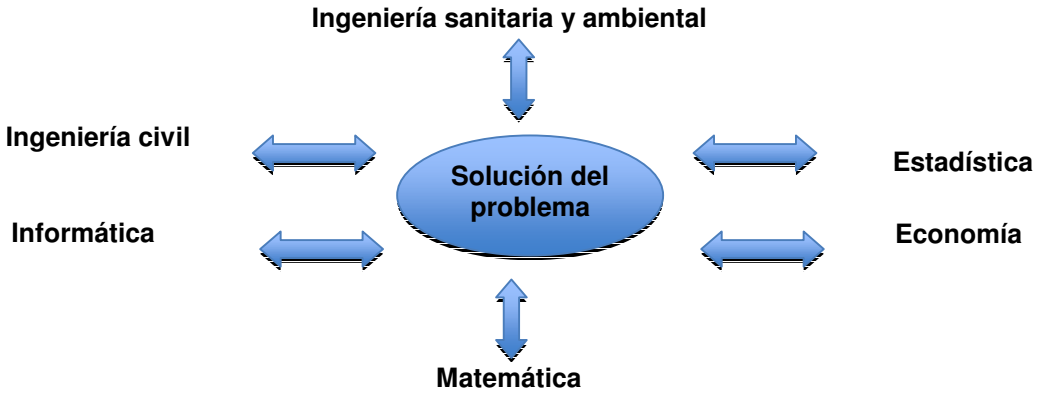


Figura 3. Esquema de relación entre disciplinas que intervienen en la solución del problema 2

Situación problemática 2

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. El agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso.
En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos).
Este sistema tiene como principales ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia.
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas.
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
- No requiere energía para la operación del sistema.
- Fácil de mantener.
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.

Pero al mismo tiempo hay algunos factores que juegan en contra y pesan a la hora de decidir acerca del sistema utilizar:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos.
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

Se tiene una pieza de acero galvanizado de “w” pulgadas de ancho se debe doblar en forma simétrica de tal manera que queden 3 lados rectos y se forme un canalón/canaleta que desaloje el agua de lluvia.
a)¿Cuáles son las dimensiones que permiten el flujo máximo posible?.
b) ¿Sería mejor doblar la pieza de tal modo que quede una sección transversal semicircular?

La modelización de la situación es clave para poder dar respuesta al problema. Dado que en este caso no se dispone de un modelo experimental, habrá que trabajar sobre las condiciones del problema para obtenerlo. La figura 4 reproduce un corte transversal de la pieza de acero doblada de manera simétrica, con lo cual el problema se reduce a maximizar el área del corte. Como se puede observar, las dimensiones de la misma van a depender del ángulo y de la longitud del doblez.
Se trata entonces de una función de dos variables, que denominamos A, cuyo modelo se puede obtener luego de algunos desarrollos algebraicos que no se reproducen por cuestiones de espacio:

$$A(x,\theta) = x\ sen(\theta)((w-2x)+x\cos(\theta))$$

Nuevamente, mediante la utilización de un sistema computaciónal, se puede observar que la función tiene un máximo, con lo cual cobra sentido la búsqueda del mismo (gráfico 6).

Figura 4. Corte transversal de la pieza de acero

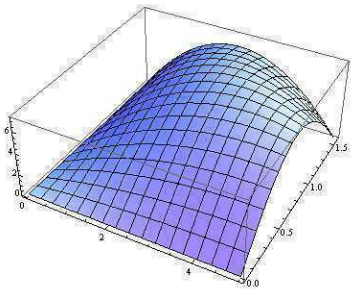


Gráfico 3. Representación de la función $A(x,\theta) = x\ sen(\theta)((w-2x)+x\cos(\theta))$

Los pasos siguientes (no se reproducen por razones de espacio) consisten en explorar sobre el máximo local mediante un software computacional, calcular los puntos críticos de la función y analizarlos según el criterio de la segunda derivada, para comprobar que se trata de un máximo; y finalmente calcularlo. Los valores obtenidos son x = w/3, θ = π/3 y el máximo $A(\frac{w}{3},\frac{\pi}{3}) = \frac{w^2}{4\sqrt{3}}$.

En cuanto a doblar la pieza de manera semicircular (figura 5), podemos ver que la longitud w = π r, con lo cual r = w/π (gráfico 7). Con lo cual $A(w) = \pi(\frac{w}{\pi})^2 = \frac{w^2}{\pi}$, lo cual produce un área mayor pues: $\frac{w^2}{\pi} > \frac{w^2}{4\sqrt{3}}$. Una conclusión importante es que el doblez semicircular permite alojar mayor cantidad de agua.

Figura 5. Esquema del doblez semicircular de la pieza de acero.

Este problema da lugar a un análisis transdiciplinar que incorpora factores técnicos de oferta y demanda de agua, tal como se ha mencionado al inicio del problema. Por una parte el análisis económico: la dotación de agua debe satisfacer las necesidades básicas elementales (los aspectos de higiene personal y lavado de alimentos y ropa, requieren al menos a 20 litros de agua por familia y por día). Y por la otra, los factores sociales: entre los cuales se hace necesario analizar las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta en relación con la participación de la comunidad en el proyecto.

3. CONCLUSIONES.

Ambos ejemplos propuestos corresponden a problemas se sitúan en el Análisis Multivariable, en el segundo curso de Análisis Matemático de una carrera de Ingeniería. Sin embargo la propuesta trasciende los límites conceptuales de la materia. Están allí presentes temas de Biología, de Estadística, de Medio ambiente, de Economía y una fuerte componente de Informática, a través del uso de herramientas que permiten explorar el problema cualitativamente.
Desde un encuadre didáctico y en consonancia con el análisis de Fourez [5,16] y Díaz Barriga [17], creemos que es pertinente trabajar de modo transdiciplinar con el propósito de:

- *Facilitar el desarrollo de estrategias para el abordaje y resolución de problemas complejos a través de la aproximación a situaciones concretas, que representen un desafío para los estudiantes.*
- *Promover la toma de decisiones personales fundamentadas sobre temas de la vida cotidiana, brindando las oportunidades necesarias para desarrollar la capacidad de hacer elecciones, negociarlas y justificarlas.*
- *Contribuir a la comprensión de saberes mediante el trabajo transdisciplinar.*

En las situaciones anteriores, no se planteó un ejercicio de ecuaciones diferenciales o una función de dos variables a maximizar. Los problemas propuestos trascendieron la Matemática e involucraron temas de Biología, Economía, Estadística e Informática. En este último caso como sustento gráfico, numérico y algebraico de los desarrollos que conducen a la solución.

- *Estimular el desarrollo de las habilidades comunicativas en las relaciones interpersonales a través de instancias de trabajo cooperativo y solidario que favorezcan la iniciativa personal y los intercambios, para que los estudiantes participen con confianza en debates acerca de distintas problemáticas.*

Más allá de las situaciones aquí planteadas, es deseable que los alumnos profundicen sobre las problemáticas globalmente. Por ejemplo, podrían investigar sobre el impacto económico, social y geográfico de la aplicación del sistema SCAPT.

- *Favorecer el desarrollo de un pensamiento humanista y científico que permita a los estudiantes adaptarse a los cambios de contexto y abordar problemas de interés desde la óptica de varias disciplinas, asumiendo actitudes críticas y responsables ante las políticas sociales, científicas y tecnológicas que los afecten.*

En ese sentido, creemos que asumir la transdisciplinariedad como un camino innovador en el campo científico requiere reconocer polisemia y múltiples enfoques, considerando los diversos contextos culturales y académicos. Aproximar *transdisciplinariedad* y *docencia universitaria* debiera articular una nueva actitud frente al conocimiento, esto es: un proceso de aprender a ser profesor en la enseñanza superior y dinámicas de significación de la propia trayectoria y de referenciales teórico-metodológicos.

De todos modos, cabe observar, que para llevar a cabo cambios profundos y duraderos, la intención transcompleja no puede estacionarse en los ámbitos exclusivamente académicos. Sería deseable penetrar el pensamiento complejo y la transdisciplinariedad dentro de las estructuras de la educación superior y las currículas.

4. REFERENCIAS.

[1] CONFEDI (2000). “Manual de acreditación para carreras de Ingeniería en la República Argentina”. Consejo Federal de decanos de Ingeniería. Buenos Aires, Argentina.
[2] CONEAU Sitio oficial: www.coneau.gov.ar
[3] Peñalver Bermúdez, Luis (1998). “Transdisciplinariedad y pensamiento complejo en la educación básica”. *Revista Iberoamericana de Educación.* Disponible en: www.rieoei.org/deloslectores/688Penalver.PDF
[4] Fourez, Gérard (2000). *La construcción del conocimiento científico: sociología y ética de la ciencia*. Segunda edición. Ediciones Plaza. Madrid, España

[5] Fourez, Gérard (2005). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Ediciones COLIHUE. Buenos Aires, Argentina.
[6] Basarab, Nicolescu (2002). "A New Vision of the World : Transdisciplinarity". University of New York Press.New York, Estados Unidos.
[7] Carrizo, Luis; Espina Prieto, Mayra; Klein, Julie (2001). "Transdisciplinariedad y Complejidad en el Análisis Social" (Programa MOST). UNESCO. *Documento de debate Nº 70*. Paris, Francia.
[8] Bishop, Alan (1999). *Enculturación matemática. La educación matemática desde una perspectiva cultural*. Paidos. Barcelona, España.
[9] Nichita, Florin (2011). "Álgebra models for transdisciplinarity". *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science* Vol: 2, pp.42-46.
[10] UNESCO (1996). "Transdisciplinarity, today" launching of the series: Transdisciplinarity. *CIRET, Day at UNESCO Workshop.* Paris, Francia.
[11] University Locarno (1997). "Which University for Tomorrow ? Towards a Transdisciplinairy Evolution". *University Locarno*. Locarno, Switzerland
[12] Fatih University (2004). "Perspectives on University Education in the 21st Century". *Congreso Internacional*, Estambul, Turkía
[13] University of Pennsylvania (2007). "Transdisciplinarity and the Unity of Knowledge : Beyond the Science and Religion Dialogue". *Congreso Internacional*, Pennsylvania, Philadelphia, Estados Unidos.
[14] UNESCO (2010). "At the Meeting-Point of Two Cultures - Lupasco Today". *Congreso Internacional*, UNESCO . Paris, Francia
[15] Souza Da Silva, Sylvia Helena (2008). *Interdisciplinariedad, docencia universitaria y formación*. Universidad Federal de Sao Paulo. San Paulo, Brasil.
[16] Fourez, Gérard (1997). *Saber sobre nuestros saberes. Un léxico epistemológico para la enseñanza*. Ediciones COLIHUE. Buenos Aires, Argentina
[17] Díaz Barriga, Frida (1989). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Mc Graw Hill. España

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

APORTE DE TÉCNICAS DIDÁCTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

Ramírez, Oscar Jesús

Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto de Industria.
J. M. Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Pcia Bs. As
oramirez@ungs.edu.ar

RESUMEN.

El objetivo planteado fue desarrollar dispositivos y experiencias didácticas que faciliten la comprensión de conceptos estudiados en asignaturas de contenido tecnológico de la carrera de Ingeniería Mecánica.
Debido a que no todos los estudiantes tienen la misma respuesta ante la explicación de los distintos conceptos estudiados a lo largo de las distintas asignaturas técnicas que forman parte de la carrera de Ingeniería Mecánica, la idea fue generar dispositivos didácticos que a través de la visualización e interacción, permitieran a los estudiantes lograr entender más fácilmente conceptos de difícil comprensión.
Con una mirada sobre la corriente constructivista y viendo como esta hace hincapié en la complejidad y la variedad de métodos en las formas de aprendizaje, nos proponemos generar experiencias didácticas que motiven y faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje.
Para aportar información que sirva de punto de partida se realizaron entrevistas con estudiantes que habían y estaban cursando dichas asignaturas, donde estos expresaron cuales eran los mayores inconvenientes que tenían a lo largo de la cursada.
En base a todas las problemáticas detectadas, se comenzó a trabajar en la etapa creativa de aporte de soluciones y posteriormente en el diseño de dispositivos y experiencias que cumplieran con los objetivos planteados.
Estas experiencias didácticas generaron en los estudiantes una motivación extra, haciéndolos participar y dejando de esta forma de ser meros espectadores del proceso enseñanza aprendizaje, transformándolos en actores activos de este proceso.

Palabras Claves: experiencias didácticas, ingeniería mecánica, simulación.

1. INTRODUCCIÓN

En el proceso de enseñanza correspondiente a la formación del ingeniero mecánico, nos encontramos con la necesidad de explicar diversos conceptos técnicos básicos, correspondientes a asignaturas de contenido tecnológico, que no son de fácil comprensión y que forman los cimientos de la carrera de Ingeniería Mecánica.
Entre las asignaturas que sufren está problemática podemos citar: resistencia de materiales, mecánica de los fluidos, termodinámica, entre otras.
Esta dificultad es sufrida por muchos estudiantes, principalmente en los primeros años de estudio, y esto se torna más limitante, si no tienen una formación técnica previa.
Con una mirada sobre la corriente constructivista [1] y viendo como esta hace hincapié en la complejidad y la variedad de métodos en las formas de aprendizaje, nos proponemos diseñar experiencias didácticas que motiven y faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje.
Las temáticas y conceptos de difícil comprensión que se tomarán como referencia para realizar las experiencias, corresponden a las asignaturas mencionadas previamente.
La estrategia pedagógica que se tomó como alternativa para abordar las experiencias didácticas propuestas es la de la simulación. Esta técnica nos permite a través de una situación similar a la real, hacer participar en forma activa a los estudiantes en el desarrollo de la experiencia. Se plantea también un análisis de los resultados de las experiencias, que permitan fijar los conceptos puestos en juego en cada simulación.
Al ser los estudiantes parte activa de las experiencias, se provoca un efecto motivador en los mismos, generando una postura actitudinal de mayor predisposición a la hora de enfrentar el proceso de enseñanza aprendizaje.
Según Bracho [2] se trata de aprender en situaciones de práctica, en tanto reconocemos que si los estudiantes participan efectivamente en la organización y desarrollo de una situación, en la búsqueda de información, experimentando alternativas diferentes de resolución e involucrándose y asumiendo riesgos, los aprendizajes son más duraderos, impactan en su conciencia, promuevan reflexiones y permiten mejores procesos de autoevaluación.

2. METODOLOGÍA

En base a la experiencia del equipo docente encargado del dictado de las asignaturas de contenido tecnológico, se contaba con el conocimiento de cuales eran los conceptos que presentaban mayor dificultad de comprensión en los estudiantes. Por otra parte se realizaron entrevistas con estudiantes, donde estos expresaron cuales eran los mayores inconvenientes que tenían a lo largo de la cursada de las distintas asignaturas.
Las experiencias didácticas se desarrollaron tomando como punto de partida las problemáticas detectadas y se utilizó para abordar las posibles soluciones una metodología de desarrollo denominada dinámica [3]. Esta metodología se eligió porque hace hincapié en la obtención de soluciones innovadoras, dándole una importancia clave a la etapa creativa.
Durante el proceso en el que se diseñaron las experiencias didácticas se dio una gran importancia a la interacción con estudiantes, sometiendo los dispositivos en desarrollo a intensas pruebas, lo que permitía confirmar o modificar las soluciones propuestas.

3. DESCRIPCIÓN DE UNA DE LAS EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS DESARROLLADAS.

En este caso describiremos una de las simulaciones diseñadas para abordar un concepto estudiado en resistencia de materiales. El objetivo de esta experiencia didáctica es ayudar a comprender como se comportan las distintas formas de secciones de vigas expuestas a la solicitación de flexión pura [4], permitiendo visualizar rápidamente como una simple modificación de la configuración de la sección (o sea un cambio en el momento de inercia de la sección), provoca un aumento significativo en la resistencia a la flexión de la viga.

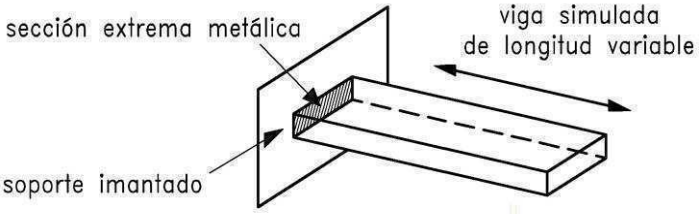


Figura 1 *Esquema del Dispositivo a utilizar.*

El dispositivo utilizado, como puede verse en la Figura 1, simula una viga empotrada de sección constante, la longitud es variable a través de un sistema telescópico. Una de las secciones extremas de la viga (la del empotramiento) esta confeccionada en material metálico (chapa de fino espesor) y el soporte donde se sujeta la viga es una superficie imantada. En este sistema simulado la tensión admisible (σ_{adm}) de la viga en el empotramiento es la provocada por la adherencia generada por el campo magnético entre la superficie imantada y la sección metálica.
En nuestra experiencia definiremos tensión admisible (σ_{adm}), a la tensión que una vez superada, provoca el colapso de la viga.

3.1. Punto de partida da la experiencia

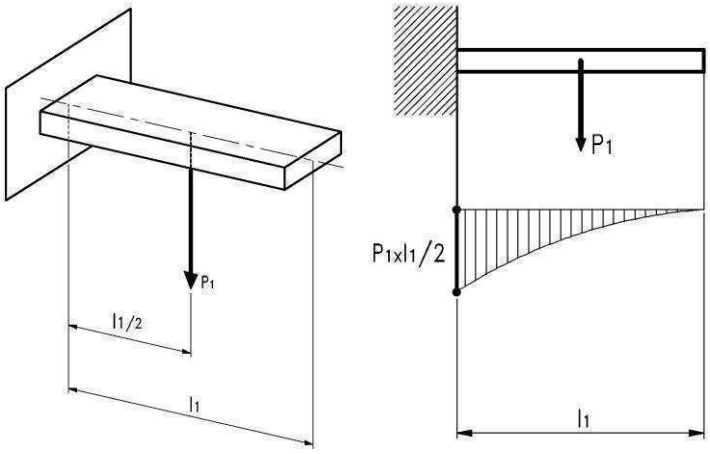


Figura 2 *Esquema de la viga y esfuerzos de flexión para una longitud l_1.*

El experimento comienza posicionando la viga en voladizo como se muestra en la Figura 2, donde la longitud es l_1 y el peso ejercido por la viga es P_1, esta magnitud se va a mantener invariable a lo largo de la práctica.
El momento flector máximo, provocado por peso de la viga, como se puede apreciar en el diagrama de esfuerzos se produce en la sección de apoyo de la viga sobre la superficie imantada y su magnitud será igual a $P_1 \times l_1/2$, este dato es importante para nuestro ejemplo pues debemos contemplar que este esfuerzo genere tensiones que no provoquen que sea superada la adherencia magnética en la sección extrema de la viga y que por lo tanto la viga se mantenga estable.

$$M_{max} = P_1 \, l_1/2 \qquad (1)$$

M_{max} = momento flector máximo
P_1 = peso de la viga

Para una sección cualquiera las tensiones originadas en la solicitación de flexión se calculan de la siguiente forma

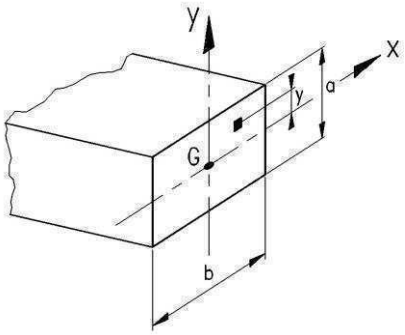


Figura 3 *Esquema de una sección de la viga en estudio.*

$$\sigma_y = (M/J_x)\, y \qquad (2)$$

σ_y = tensión a la que está sometido el elemento de superficie a una distancia "y" del eje "x"

J_x = momento de inercia de la sección respecto del eje x

La máxima tensión que soporta la sección la encontramos con la expresión:

$$\sigma_{max} = (M/J_x)\, y_{max} \qquad (3)$$

σ_{max} = tensión a la que está sometido el elemento de superficie más comprometido de la sección en estudio

$$W_r = J_x/y_{max} \qquad (4)$$

W_r = módulo resistente de la sección

$y_{max} = a/2$

Entonces:

$$\sigma_{max} = (M/J_x)\, y_{max} = M/W_r \qquad (5)$$

En esta expresión vemos que el momento de inercia forma parte del denominador, por lo tanto cuanto más elevada es la magnitud del momento de inercia menor será la tensión a la que está sometida la viga.
Por otra parte para secciones de igual área, el momento de inercia respecto de un eje baricéntrico será tanto mayor cuanto más alejada de aquél se encuentre distribuida la superficie de la sección. Resultará conveniente utilizar momentos de inercia elevados para así reducir las tensiones de trabajo, justamente esto es lo que se busca en la práctica al tener que dimensionar vigas sometidas a flexión.
En esta simulación mostraremos en forma práctica y tangible como una viga de sección rectangular soporta menores tensiones al posicionarla de modo de obtener su máximo momento de inercia.

3.2. Aumentamos la longitud de la viga

Volviendo a nuestra simulación procedemos a extender la longitud de la viga, el efecto que provocamos es aumentar el momento flector en la sección empotrada, ver Figura 4.
Al aumentar el momento flector también aumenta la tensión máxima sobre esa sección.
La σ_{adm} en este ejemplo permanece constante pues depende de la intensidad del campo magnético generado por la superficie imantada. Mientras la σ_{adm} no sea superada por la σ_{max} generada en la sección del empotramiento la viga no cede

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max} \tag{6}$$

Recordamos

$$\sigma_{max} = (P_1 \, l_i/2) / W_r \tag{7}$$

P_1 = peso de la viga
l_i = longitud del voladizo
$W_r = J/(y_{max})$ = módulo resistente de la sección

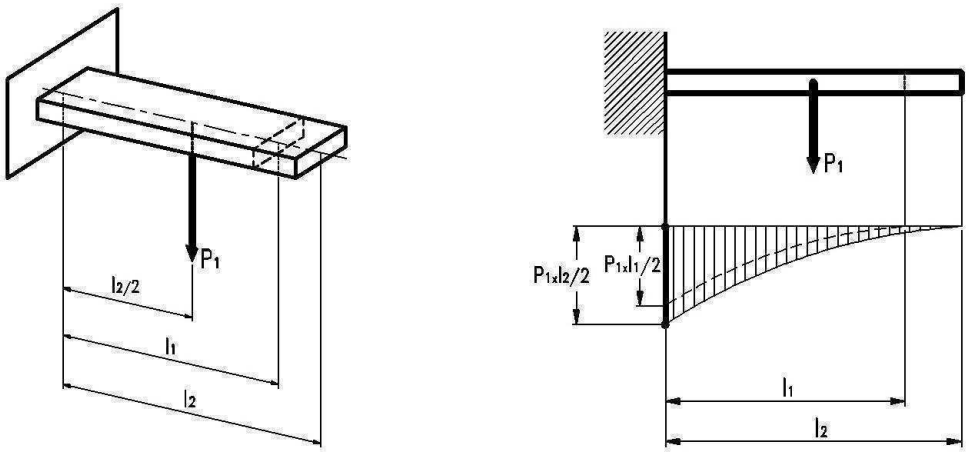


Figura 4 *Esquema de la viga y esfuerzos de flexión para una longitud l_2.*

En esta expresión por ahora sólo estamos variando la longitud de la viga. Si esta longitud la extendemos a l_2 y la viga no cede, esto implica que

$$\sigma_{adm} \geq (P_1 \, l_2/2) / W_r \tag{8}$$

3.3. Seguimos aumentando la longitud de la viga

Si seguimos aumentando la longitud de la viga llegaremos a un punto en el cual el aumento del esfuerzo de flexión provocará que la viga ceda, o sea en nuestro caso la tensión generada por el esfuerzo de flexión superará la adherencia magnética como podemos observar en la Figura 5.

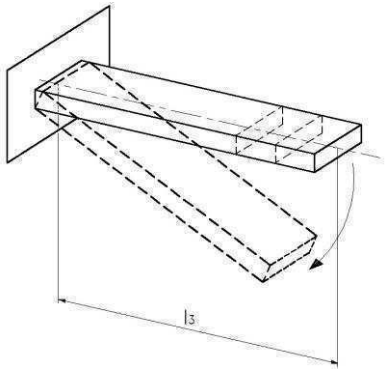


Figura 5 *Posición que provoca el colapso de la viga por flexión.*

$$\sigma_3 = (P_1 \, l_3/2) / W_r \tag{9}$$

$$\sigma_{adm} < \sigma_3 \tag{10}$$

Con estas condiciones la viga cede.
En esta instancia se les pide a los estudiantes que piensen soluciones para que la viga pueda soportar la longitud l_3 sin incorporar nuevos recursos a la práctica planteada.
La idea es que los estudiantes planteen soluciones y estas se debatan en clase generando una fluida interacción entre estudiantes y docentes. Los estudiantes pueden o no llegar a la solución que se presentará a continuación, lo que resulta importante es el factor motivador de este tipo de desafíos y el debate previo y posterior a la exposición de la solución buscada.

3.4. Cambiamos la orientación de la sección de la viga

Ahora procedemos a girar la viga 90º alrededor de su eje longitudinal manteniendo todos los otros valores constantes o sea la misma longitud l_3 y el mismo peso P_1, lo que implica que la sección extrema estará sometida al mismo esfuerzo de flexión $M = P_1 \, l_3/2$ que antes provocó el colapso (Figura 5), y comprobamos que a diferencia de lo sucedido anteriormente con esta nueva orientación la viga “no colapsa”

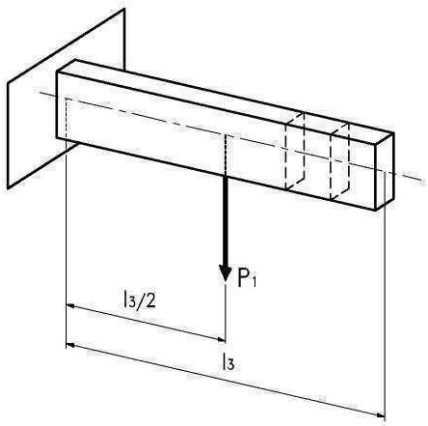


Figura 6 *Esquema de la viga en la posición de mayor inercia.*

Al girar la viga 90º alrededor de su eje longitudinal, lo único que variamos fue el momento de inercia de la sección de la viga.

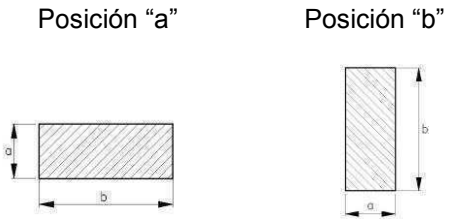


Figura 7 *Posición inicial y final de la sección de la viga en estudio.*

$$J_a = b\, a^3/12 < J_b = a\, b^3/12 \quad (11)$$

$$J_a < J_b \quad (12)$$

El aumento del momento de inercia de la sección ocasiona el aumento del modulo resistente

$$W_{r\,a} = J_a\, 2/a = b\, a^2/6 \quad (13)$$

$$W_{r\,b} = J_b\, 2/b = a\, b^2/6 \quad (14)$$

Comparando ambos tenemos que:

$$W_{r\,b} > W_{r\,a} \quad (15)$$

Obviamente como ya se dijo antes, la tensión admisible siempre es la misma, el efecto que provocamos al girar la sección es aumentar el momento de inercia y con esto el módulo resistente de la sección, esto trae como consecuencia la disminución de la tensión de trabajo $\sigma_{3'}$ para la misma longitud l_3 que antes provocaba el colapso de la viga.

$$\sigma_3 = (P_1\, l_3/2) / W_{r\,a} \quad (16)$$

$$\sigma_{3'} = (P_1\, l_3/2) / W_{r\,b} \quad (17)$$

Entonces:

$$\sigma_{3'} < \sigma_3 \quad (18)$$

El esfuerzo flector sobre la sección $M = P_1 \times l_3/2$ es el mismo pero la tensión de trabajo máxima (σ_3') para la nueva orientación de la sección disminuyó.

$$\sigma_{adm} > \sigma_{3'} \quad (19)$$

En este caso “la viga no cede”.
Al girar la viga 90º lo único que cambiamos fue el momento de inercia de la sección, esto provocó que la tensión máxima a la que estaba sometida la sección del empotramiento disminuya a pesar de que el esfuerzo de flexión sigue siendo el mismo.

3.5. Seguimos aumentando la longitud de la viga

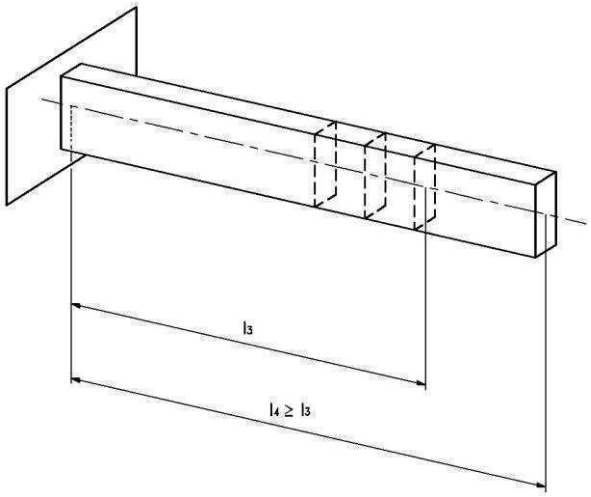


Figura 8 *Esquema de la viga en la posición de mayor inercia para una longitud l_3.*

Si ahora procedemos a aumentar la longitud de la viga comprobaremos que esta soportará esfuerzos provocados por incrementos de longitud que superen ampliamente a l_3, Figura 8.
Con esta configuración la viga soportará esfuerzos provocados por incrementos de longitud mucho mayores a l_3.
Luego de esta explicación el docente esta en condiciones de generar un debate final con los estudiantes, donde se pueden sacar las conclusiones finales de los conceptos teóricos sobre resistencia a la flexión en base a la optimización de los momentos de inercia de las secciones de las vigas.

4. CONCLUSIONES.

Como resultado del proyecto se completaron una serie de experiencias didácticas que abordaron diversas temáticas.
Las experiencias didácticas desarrolladas a través de simulaciones se presentan a los estudiantes como desafíos. Se les plantea un problema con varias posibilidades de solución y se insta a los estudiantes a tomar el reto de deducir cuál va a ser el desenlace.
Es importante aclarar que en estas prácticas lo importante no radica en que el estudiante la resuelva de manera correcta, pues las experiencias se les plantean previo a la explicación teórica del tema en cuestión, con lo cual no tendrían las armas teóricas para determinar cuál será el desenlace del problema. Por lo tanto lo importante es generar un efecto motivador, que en el caso de la explicación teórica tradicional no siempre se logra. La idea, es que luego de conocer la explicación teórica y vivenciar la experiencia práctica vinculada, sea mucho más fácil de comprender el concepto teórico estudiado.
En la etapa de pruebas de estos ejercicios didácticos, no sólo fueron expuestos ante estudiantes de las distintas asignaturas, sino también fue presentado ante personas de todo tipo de preparación, con y sin estudios universitarios e incluso que no tuvieran los conocimientos tecnológicos involucrados en las experiencias, logrando despertar en todos los casos un alto grado de interés en saber como sería el desenlace de la prueba y el porqué del mismo.
Del proceso de desarrollo de las experiencias didácticas, se comprobó que son útiles no sólo para facilitar el aprendizaje, sino también generan una motivación extra en los estudiantes, teniendo el efecto de pasarlos de meros espectadores en actores del proceso de enseñanza aprendizaje.

Si bien es posible que haya que realizar algunos ajustes como consecuencia de su implementación final y de evaluar la utilidad en las condiciones reales de cursada, las expectativas surgidas de las pruebas ya realizadas, presentan indicios favorables a la obtención de buenos resultados.

5. REFERENCIAS.

[1] Martínez Delgado, Alberto (1997). "Constructivismo Radical, Marco Teórico de Investigación y Enseñanza de las Ciencias", UAB, Enseñanza de las Ciencias.

[2] Bracho, J., Galúe, Y., Moros, J., Páez, D, Quintero, M. y Maracaibo, O. (2011). "Estrategias de Facilitación", Edo. Zulia.

[3] Ottosson, Stig (2004). **"**Dynamic Product Development", Technovation, Vol. 24, Issue 3.

[4] Timoshenko, Stephen y Gere, James (1996). "Mecánica de Materiales", segunda edición Grupo Editorial Iberoamericana.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

ROBOT HÍBRIDO PEDAGÓGICO

Puglesi, Alfredo Ernesto*, Bernasconi, María Susana

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo
Centro Universitario (M5502KFA), Ciudad, Mendoza, República Argentina.
apuglesi@uncu.edu.a.
sbernasc@uncu.edu.ar

RESUMEN.

Este trabajo presenta el desarrollo y resultados de un proyecto educativo que consistió en la concepción, modelado, construcción y puesta en marcha de un robot manipulador accionado por dispositivos neumáticos y eléctricos por lo que se le denominó híbrido. Incluye un tablero de comando dotado de un autómata programable, e integrado con un SCADA. También es posible el mando manual o con un microcontrolador tipo PIC como alternativas de control.
El sistema consiste en un brazo de cuatro grados de libertad con los siguientes elementos articulados en una cadena cinemática serie: "hombro", "brazo", "antebrazo y "muñeca". La fuerza motriz del primero es eléctrica mediante un motor de CC y los tres restantes, neumáticas usando tres cilindros de doble acción y electroválvulas de cinco vías, tres posiciones. Cada elemento de acción dispone de fines de carrera. Por último, la pinza o gripper, es accionada por un cilindro de simple acción y válvula direccional de tres vías, dos posiciones.
La metodología empleada comenzó con el desarrollo mediante CAD de las piezas, la evaluación simulada del conjunto armado, la mecanización de la piezas en acero y en aluminio, en gran parte con CNC, su ensamblado, construcción del tablero de control, programación del autómata y su integración con un SCADA, para finalizar con la puesta en marcha, corrección de deficiencias y liberarlo para las prácticas de laboratorio.
El objetivo principal es para práctica por parte de los alumnos de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica y es un aporte más a la enseñanza a través de proyectos concebidos y realizados por los autores con la participación activa de alumnos interesados en la temática y su alcance es significativo ya que la experiencia ganada es luego empleada por las cohortes siguientes, siendo así una fuente de motivación para nuevos proyectos.

Palabras Claves: educación, mecatrónica, robótica, control.

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN.

Se presenta en este trabajo el diseño, construcción y puesta a punto de un robot serie que como tal es un manipulador de cadena cinemática abierta, esto es cuando los eslabones que la componen se encuentran conectados con el resto mediante una sola articulación [1]. Su finalidad es fundamentalmente pedagógica pero a la vez ganar experiencia con elementos de acción final neumáticos con el fin de llevar a cabo desarrollos similares orientados a la operación en presencia de gases explosivos en las áreas del petróleo, refinerías y petroquímicas, habida cuenta que en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo se desarrolla, entre otras, la carrera de Ingeniería de Petróleos. El prototipo resultó con un desempeño muy favorable, cumple con las expectativas previstas en esta primera etapa y abre el camino para controlar el posicionamiento a cada uno de los cilindros de doble efecto utilizados para la rotación del brazo, antebrazo y muñeca de este robot serial, cada uno comandados con sus respectivos lazos cerrados de control; para lo cual ya se desarrolló también el modelado geométrico y sus matrices de transformación, para así poder ingresar una posición deseada de la pinza en su extremo. No se incluye en este trabajo el modelado en cuestión por razones de espacio, siendo motivo de presentación en otro evento similar.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

Los docentes autores de este trabajo, a cargo del Laboratorio de Control, han diseñado y construido plantas y equipos ininterrumpidamente desde 1996, con finalidad fundamentalmente pedagógica y en algunos casos con posibles extensiones al campo industrial, siendo los más recientes los referenciados en [2-4]. Contando siempre con alumnos interesados en la temática, habiéndose acuñado la frase ¨por alumnos y para los alumnos¨ ya que luego son usados por las cohortes subsiguientes, años tras años.
En este caso el objetivo fue el diseño y construcción de un robot neumático apto para la manipulación de objetos en áreas con presencia, ya sea en forma permanente o por excepción, de gases explosivos, donde corrientes eléctricas mínimas pueden producir la ignición de los mismos, con sus catastróficas consecuencias; por lo que se hace muy difícil el uso de motores de CC, paso a paso o variador de velocidad mediante, con motores trifásicos, asincrónicos, rotor jaula de ardilla con los que se venía experimentando en otras plantas y equipos. Se aclara que si bien el actuador de giro en este proyecto es eléctrico, fue por razones de economía y disponibilidad del motor, pero puede ser reemplazado por un actuador rotativo neumático sin problemas.

3. ARQUITECTURA DE LA CADENA CINEMATICA.

La figura 1 muestra en forma esquemática la configuración mecánica del robot de forma simplificada, esto es, la nomenclatura asignada a cada uno de los cinco eslabones articulados de esta cadena cinemática serie, la herramienta utilizada es un gripper o pinza. A su vez, la figura 2 da nombre a cada uno de los grados de libertad, donde todas sus articulaciones son rotacionales.

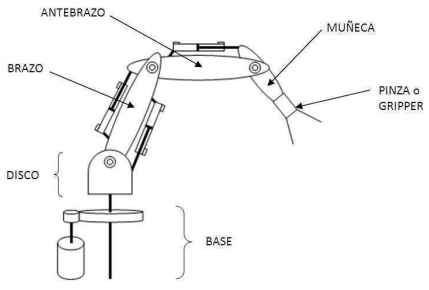


Figura 1 *Eslabones articulados*

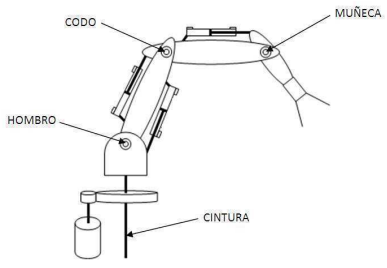


Figura 2 *Grados de libertad*

Como se aprecia, la estructura mecánica articulada comprende un sistema de cuatro grados de libertad (GDL) que se denominan respectivamente:

- 1° GDL: Base (B) – correspondiente al eje "CINTURA".
- 2° GDL: Hombro (H).
- 3° GDL: Codo (C).
- 4° GDL: Muñeca (M).

A nivel de actuadores, el 1° GDL, el movimiento de rotación, es efectuado por un motor de corriente continua según el eje llamado "Base (B)". En el 2°, 3° y 4° GDL el movimiento de translación es efectuado por cilindros neumáticos de doble efecto y convertido por la geometría de la estructura en tres rotaciones soportadas por los ejes llamados "Hombro (H)", "Codo (C)" y "Muñeca (M)", respectivamente.

3.1. Convención de ángulos

Las figuras 3 a 6 muestran la convención de ángulos seguida con los propósitos de modelado y programación de los movimientos a realizar.

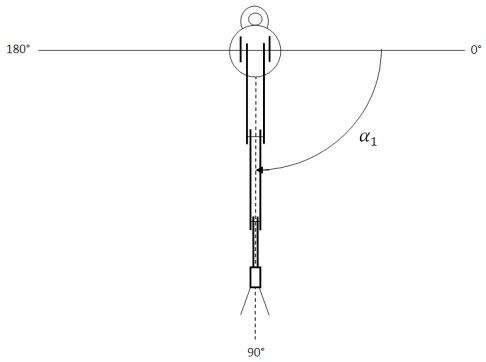


Figura 3 *Convención de ángulos – cintura*

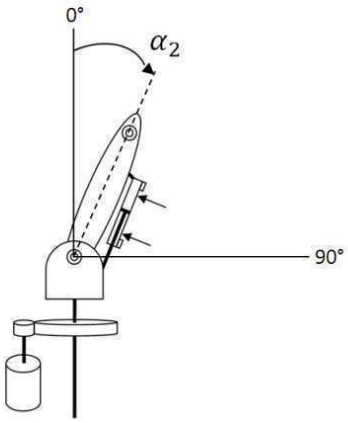


Figura 4 *Convención de ángulos – hombro*

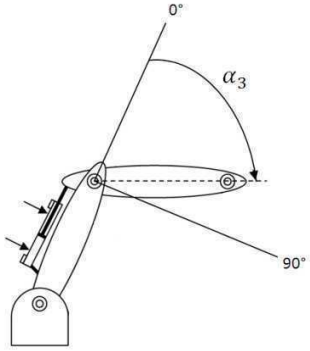


Figura 5 *Convención de ángulos – codo*

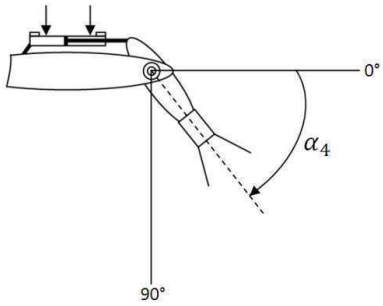


Figura 6 *Convención de ángulos - muñeca*

4. DISEÑO MECANICO.

Las labores de mecanizado fueron divididas en dos partes, la primera correspondiente al mecanizado en acero y la fabricación de piezas pequeñas de aluminio y bronce, y la segunda parte correspondiente al mecanizado de placas de aluminio, el diseño se llevó a cabo usando el software Autodesk Inventor® en 3D [5] y el mecanizado con máquinas- herramientas convencionales y CNC.

4.1 Mecanizado en acero

Se comenzó por la base, se calcularon las dimensiones en bruto de las placas teniendo en cuenta el espesor máximo que podían cortar en el taller que fue de ½ pulgada, para que quedara finalmente en 12 mm de espesor. Las chapas se cortaron y plegaron por un tercero. El robot se fijó al suelo por lo que se concibió una columna y base inferior de fijación mediante bulones al piso de concreto. La figura 7 muestra parte del proceso de mecanizado en acero.

Figura 7 *Mecanizado en acero, del material en bruto a la base de alojamiento del motor*

El sistema de rotación en la base cuenta con una reducción en función de las cuplas implicadas en el movimiento de giro según el 1°GDL, optándose por adquirir un reductor de tornillo sinfín y corona con un factor de reducción de 10. La figura 8 brinda detalles del diseño mecánico en 3D de los elementos de acople entre el motor con el reductor y del reductor con la base.

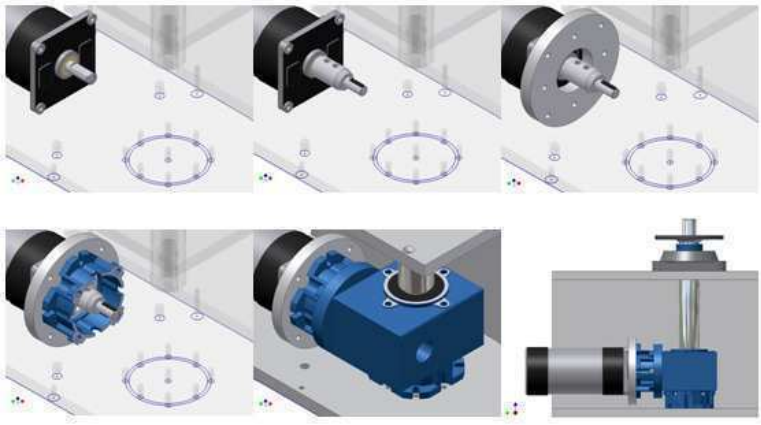


Figura 8 *Diseño y Ensamble de Piezas en 3D*

En función de estas dimensiones se calcularon también las dimensiones del árbol de transmisión. Por último se colocaron topes mecánicos a 0° y 180° con el objeto de preservar la estructura del brazo del robot ya que su ubicación espacial dentro del Laboratorio de Control restringe el radio de giro a un semicírculo, encontrándose detrás con una pared. La figura 9 muestra el diseñó en 3D del conjunto completo y la figura 10 ya terminado.

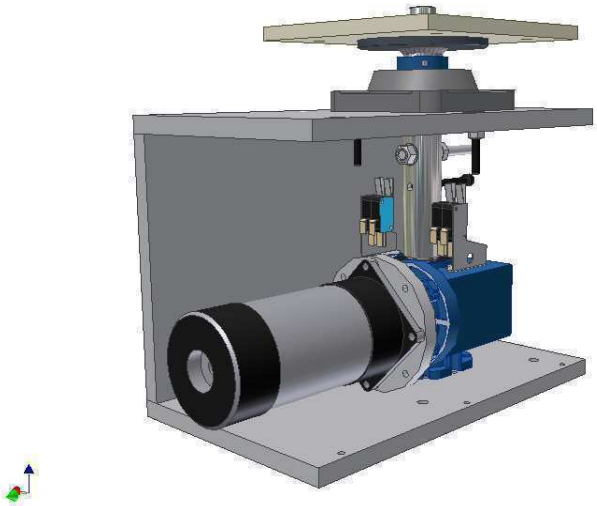


Figura 9 *Diseño en 3D del conjunto base, caja, motor, reductor y árbol*

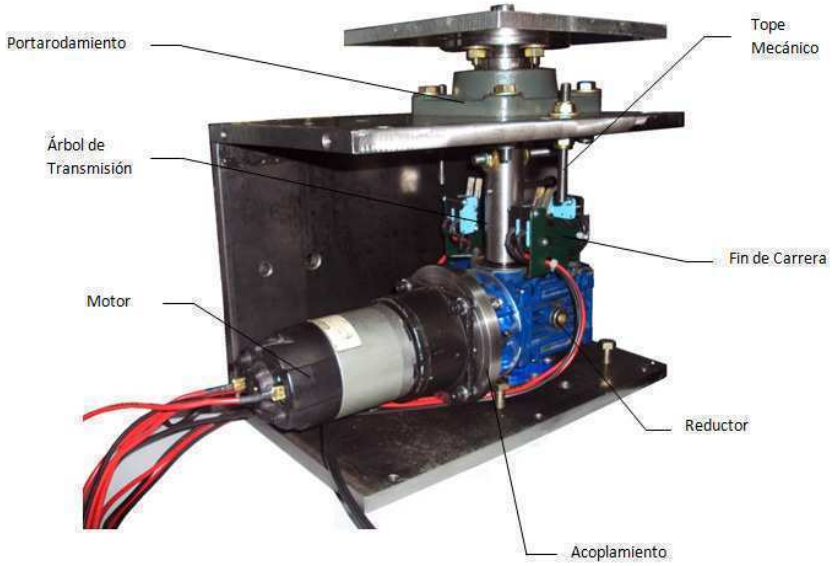


Figura 10 *Modelo real construido*

Por último se mecanizaron pequeñas piezas realizadas en chapa con el objeto de sostener los cinco fines de carrera alojados en el interior de la caja y alrededor de la salida del tren reductor. Tres de ellos sirven para referenciar al robot a 0°, 90° y 180°. Los otros dos cumplen con la función de seguridad ya que están conectados de manera que abren el circuito del motor para evitar la rotura de los fines de carrera o el contacto con los topes mecánicos.

4.2 Mecanizado en aluminio

Las placas de aluminio correspondientes a la pinza, muñeca, antebrazo, brazo y disco fueron mecanizadas de a pares en el centro de mecanizado del Laboratorio de Producción del Instituto Tecnológico Universitario, para ello se re-dibujaron con el programa Mechanical Desktop ya que este es compatible con el CNC empleado en el mencionado taller. Un detalle se ve en la figura 11.

Figura 11 *Mecanizado en aluminio*

4.3 Ensamblado

Una vez finalizado el mecanizado de todas las placas en aluminio, se procedió al ensamblado del brazo y se fabricaron las 6 arandelas de bronce a medida para separar y calibrar los cuerpos en cada articulación. La figura 12 ofrece detalles de esta etapa.

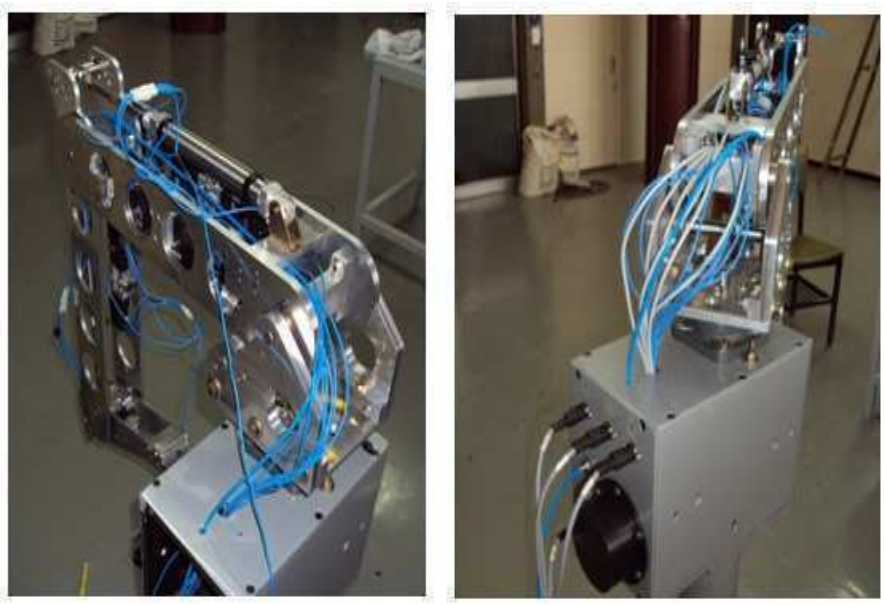


Figura 12 *Robot armado, conexionado neumático y cableado eléctrico*

Luego de verificar las articulaciones y la correcta movilidad del brazo, se comenzó a conectar la parte neumática a las válvulas direccionales (tubos de 4 mm azules) y de mismas a los correspondientes cilindros. Luego la parte eléctrica a los mandos por solenoide de las válvulas direccionales y de los fines de carrera montados en los cilindros de doble efecto (cables grises). Tubos y cables fueron cortados a medida y precintados. Se colocaron fichas para permitir el fácil desarmado del robot. Cada cable se soldó a su respectivo pin y conector en la tapa posterior. Las conexiones se verificaron mediante ensayos de continuidad, utilizando un multímetro digital. Se configuró así el sistema de entradas y salidas de control, en un todo de acuerdo con la figura 15 expuesta más adelante.

5. SISTEMA DE CONTROL.

Como ya se dijo se realizó un tablero de comando dotado de un autómata programable (o PLC), e integrado con un SCADA para monitoreo a distancia. Cuenta además con alternativas, el mando manual o en forma automática con un micro controlador tipo PIC, no obstante, por razones de espacio, este trabajo se limita solo a la descripción del primero.

5.1 Pruebas en blanco

Con anterioridad al ensamblado, se construyó un banco de pruebas para poder ensayar los programas desarrollados en lógica escalera para el PLC, la figura 13 muestra en el plano posterior el panel con el PLC en su parte superior y el conjunto válvulas direccionales – cilindros de doble efecto debajo del mismo. En el primer plano se ve el sistema de base, con el motor, reductor y árbol vertical para la rotación del conjunto.

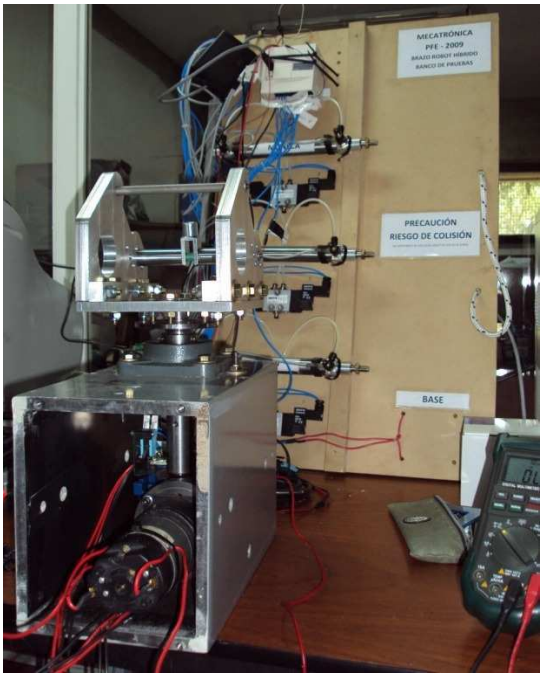


Figura 13 *Banco de pruebas de programas en lógica escalera para el PLC*

5.2 Mando basado en autómata programable o PLC

La programación realizada tuvo como objeto únicamente la puesta en marcha del robot y en esta etapa no se pretendió el seguimiento de trayectorias ni de posiciones de exactitud relevante. Ya que

el manipulador híbrido carece por el momento de sistemas de control regulatorio que garanticen el posicionamiento de cada uno de los grados de libertad constituyentes [6]. En las conclusiones se volverá sobre este tema y se mencionaran los avances realizados para dotar de control realimentados en un futuro próximo a este equipo.

Se programaron distintas rutinas de trabajo, seleccionables desde el tablero de mando local o desde el sistema SCADA sobre un autómata programable (PLC) Twido modelo TTWDLCDA24DRF, mostrado en la figura 14.

Figura 14 *Autómata programable o PLC Twido*

Se asignaron las entradas / salidas del PLC, según se muestra en la figura 15, donde las %I0.x corresponden a las entradas y las %Q0.x a las salidas, variables que luego se usaron en el desarrollo de los programas mediante lógica escalera [7].

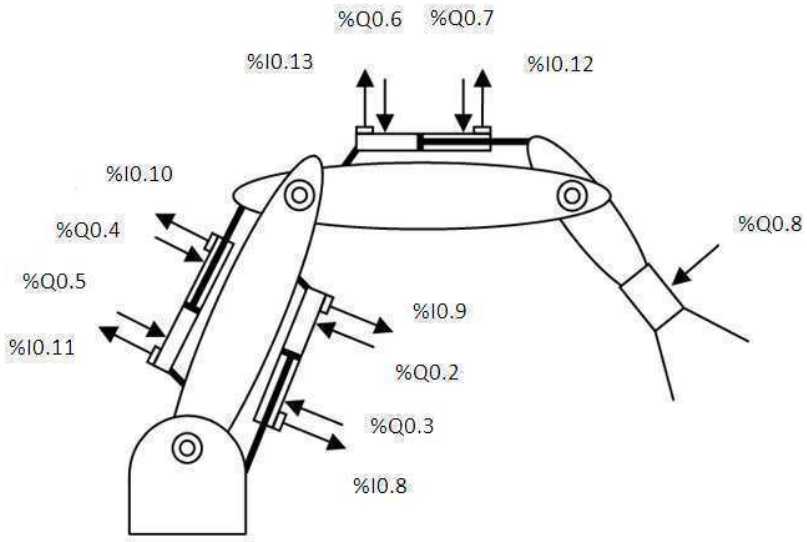


Figura 15 *Asignación de entradas / salidas del PLC*

Cabe aclarar que las salidas a las solenoides, alimentadas con 24 Vcc, salen directamente de correspondiente bornera del PLC, pero para el motor de CC fue necesario desarrollar una interfaz de potencia, según se ve en la figura 16.

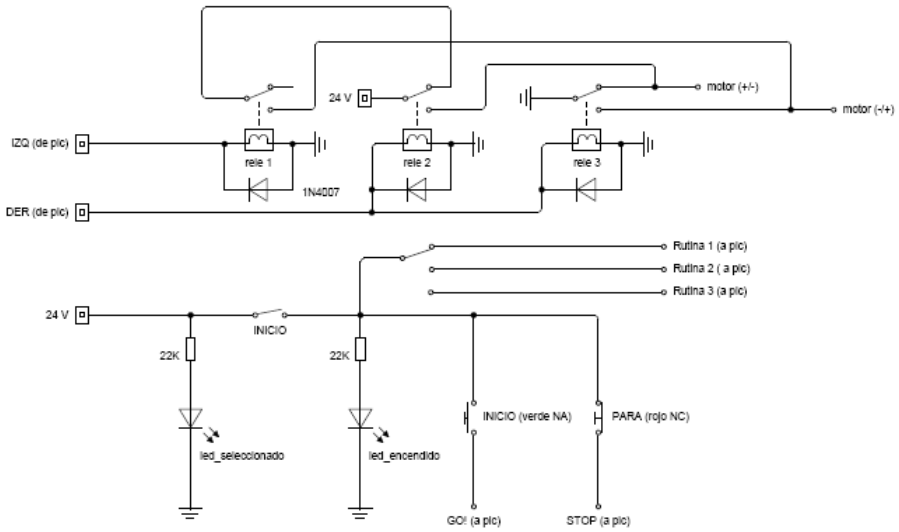


Figura 16 *Interfaz de potencia para mando del motor de CC*

5.3 Programación

Hasta tanto se dote a cada uno de los movimientos de sistemas de control realimentados, se programó al robot para un control de lazo abierto, esto es basado en la "calibración" de cada uno de los movimientos, lo que lo vuelve muy ineficiente, ya que perturbaciones tales como cambios en la presión de alimentación de aire, no son compensados por el sistema de lazo abierto, no obstante la idea primaria fue ver el desempeño del equipo, y se probó levantando vasos (sin sus bases) de una cinta transportadora con un detector de posición, que al detectar un vaso, traslada automáticamente la pinza al mismo, lo toma y lo deposita en una varilla vertical que oficia de acumulador.

Para llevar a cabo la "calibración" se empleo un método al que se denominó por intervalos de tiempo, que consiste en separar las actividades del robot en intervalos temporales definidos y medidos precisamente, lo que conlleva la implementación de un reloj interno de tipo absoluto que dispara una vez alcanzada la postura de reposo. Las acciones se dividen en conjuntos lógicamente compatibles que son activados secuencialmente por condiciones lógicas que dependen del intervalo temporal por el cual se esté transitando, la figura 17 ilustra al respecto.

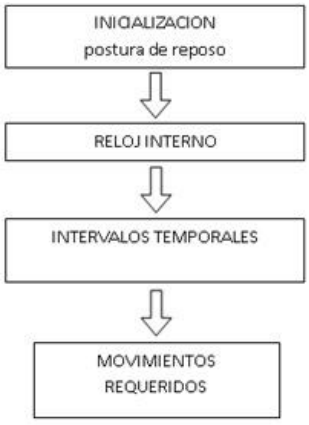


Figura 17 *Diagrama de flujo para movimientos por intervalo de tiempos*

A partir de este diagrama se programó en lógica escalera cada uno de los movimientos y posterior puesta en secuencia.

5.4 Sistema SCADA

El programa SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) utilizado para la Interface Hombre Máquina o HMI es el P-CIM de AFCON [8]. El programa tiene una estructura en capas: capa de comunicación, capa de procesamiento o base de datos y la capa de aplicación. La capa de comunicación intercambia información desde y hacia al PLC utilizando el protocolo MODBUS, la transfiere al Servidor de la Base de Datos o Database Server que vincula las "palabras" digitales intercambiadas ente el PLC y la PC, las procesa bidireccionalmente y las presenta dinámicamente en la pantalla del operador, quién además de monitorear los movimientos, puede intervenir sobre el mismo, iniciando o parando la secuencia o cualquier otra intervención prevista en el etapa de programación de la aplicación específica. Una característica importante es que el sistema SCADA puede vincularse dinámicamente y en tiempo real con una planilla Excel ejecutándose en la misma PC, de forma tal que oficia de "puente", posibilitando así el intercambio de datos de la planilla de cálculo con el PLC. La figura 18 muestra resumidamente el esquema de capas mencionadas.

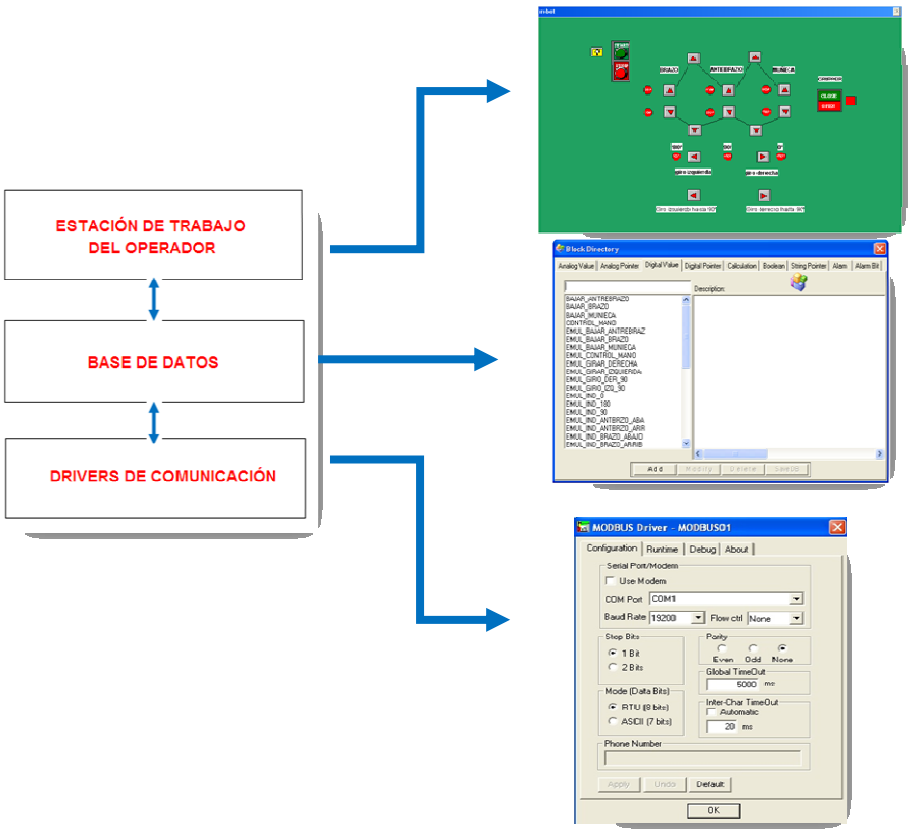


Figura 18 *SCADA y capas de aplicación*

6. CONCLUSIONES.

Como ya se anticipara, este trabajo consistió en el diseño, construcción y puesta en marcha de un robot, siendo la programación la necesaria para apreciar su desempeño. Al momento de sus

primeros ensayos, se estaba llevando a cabo otro proyecto, consistente en el control de posición de un cilindro de 800 mm de carrera, dotado de sensor de posición, igual PLC y válvula direccional todo o nada de 5 vías, tres posiciones y centro obturado, lográndose controlar su posición en cualquier parte de su longitud de manera muy satisfactoria mediante un par de lazos cerrados de control tipo proporcional + integral, cuyas salidas modulan por ancho de pulso a las solenoides de mando de la válvula. Este control tiene la particularidad que evita el uso de una válvula neumática proporcional que tiene un costo ocho veces mayor a la mencionada en primer término [9].

Queda entonces para un futuro próximo implementar un control geométrico en tiempo real a cargo del conjunto PLC, SCADA y Excel, que deberá ser capaz de calcular los ángulos de cada una de las partes móviles para situar la pinza en una posición espacial deseada.

Este trabajo presentando ante el CAIM 2012, ha permitido comprobar el desempeño satisfactorio de actuadores neumáticos, por su robustez y precisión aceptable de movimientos para determinadas tareas y ha dado pié a otros desarrollos en marcha para continuar avanzando e incursionando en la robótica neumática, en estos momentos está en desarrollo un robot neumático para la inspección de cañerías de petróleos para la detección, ubicación y evaluación de daños por corrosión.

Para finalizar, la figura 19 muestra lo realizado, incluyendo la primera prueba de recolección de vasos, la cinta transportadora fue facilitada por Instituto Tecnológico Universitario.

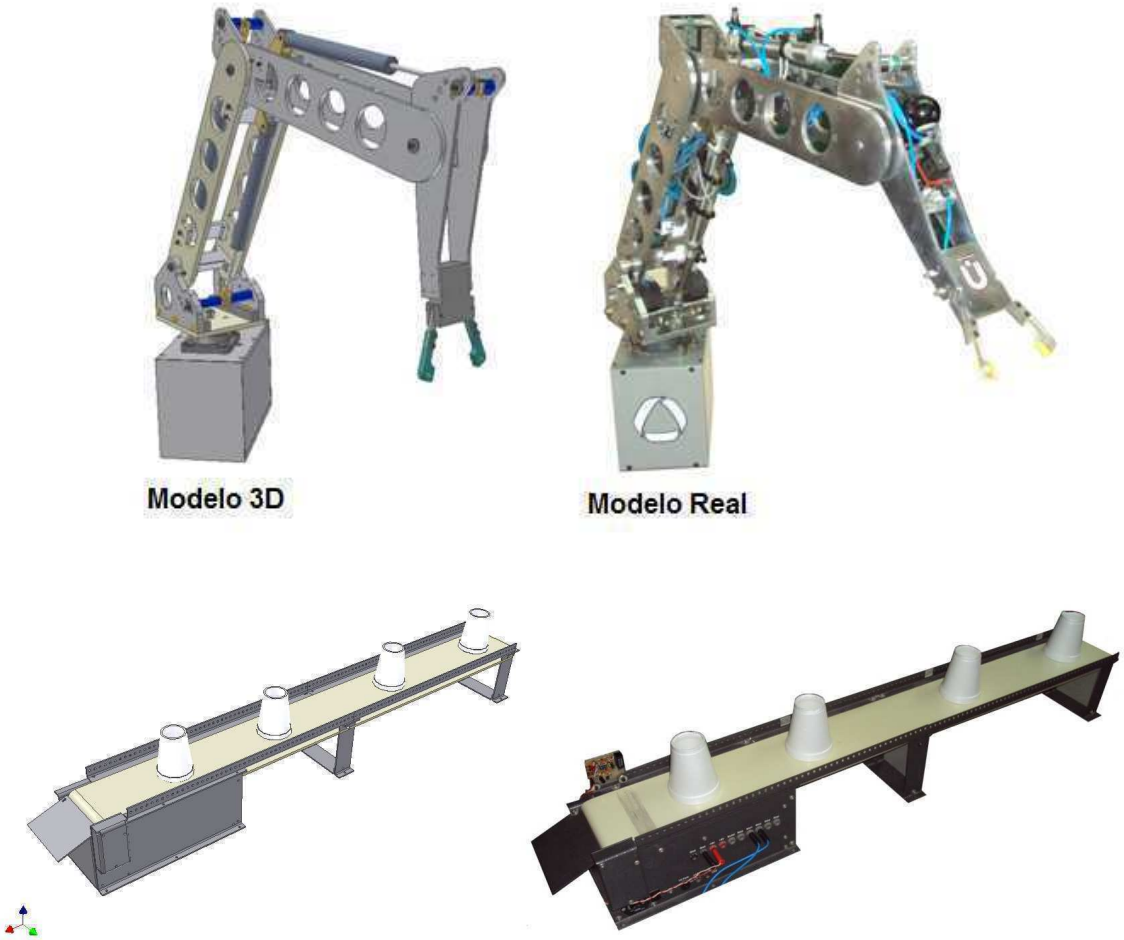


Figura 19 *Robot y cinta en pruebas a lazo abierto en la recolección de vasos*

7. REFERENCIAS.

[1] Craig, John. (2006). *Robótica*. México Tercera edición. Pearson - Prentice Hall. México.

[2] Puglesi, Alfredo Ernesto; Bernasconi, María Susana; Monjo, Gustavo; Garrido, Gonzalo. (2010). "Sistema de Bola y Barra: diseño, construcción y control". *II CAIM 2010, Segundo Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica.* San Juan, Argentina.

[3] Puglesi, Alfredo Ernesto; Bernasconi, María Susana; Paz, Ernesto Benjamín; Solanes, Jorge. (2010). "Péndulo invertido rotatorio educativo". *II CAIM 2010, Segundo Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica.* San Juan, Argentina.

[4] Puglesi, Alfredo Ernesto; Bernasconi, María Susana. (2011). "Control de acción precalculada con Lógica Difusa". *RPIC 2011 – XIV Reunión de trabajo en Procesamiento de la Información y Control – Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos.* Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.

[5] Cheng, Ron K.C.(2003).*Using Autodesk Inventor 6.* EEUU Segunda Edición. Autodesk Press. EEUU.

[6] Lin-Chen, Y.Y.; Wang, J.; Wu, Q.H.(2003). "A software tool development for pneumatic actuator system simulation and design". *Computers in Industry.51,73-78.Elsevier*, Ámsterdam, Holanda.

[7] Schneider Electric. (2008).*TwidoSuite V2.1, Guía de programación.* Schneider Electric. España

[8] Afcon Software and Electronics. (2008). *P-CIM Training Manual*. AFCON LTD. Israel.

[9] Puglesi, Alfredo Ernesto; Bernasconi, María Susana; Abate, Fernando Oscar. (2010). "Control de posición de un cilindro neumático con válvula todo - nada y técnica de modulación por ancho de pulso". *XXIIº Congreso Argentino de Control Automático.* Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los ex alumnos y ahora nóveles Ingenieros Gonzalo EJARQUE, Juan Pablo GABUTTI y Pablo PERALTA, también al Técnico Superior Universitario, Martin PLACCI del Instituto Tecnológico Universitario – Carrera de Producción Industrial Automatizada y al alumno de Ingeniería en Mecatrónica, Señor Martín SILVA, que tomaron este Proyecto con seriedad, dándole impulso en sus distintas etapas para su concreción.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Laboratório virtual: ferramenta de apoio didático em disciplinas no ensino de Engenharia

Fernandes, João Candido[1]

[1] *Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Bauru*
Av. Luiz Edmundo Coube 14-01, CEP: 17.033-360, Bauru, São Paulo, Brasil.
E-mail: jcandido@feb.unesp.br

RESUMO.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma experiência didática usada na disciplina optativa "Acústica e Ruídos" do Curso de Engenharia Mecânica da Unesp, Campus de Bauru. A disciplina é oferecida anualmente desde 1996, quando o atual currículo foi implementado. A partir de 2000, o professor da disciplina criou um 'site' onde todas as informações sobre a disciplina são depositadas: apostila, notas de aulas, slides usados nas aulas, normas, legislação, trabalhos, arquivos sonoros, 'links', notas e frequência dos alunos [1]. O maior destaque do 'site' é o Laboratório Virtual, onde os alunos podem manusear e observar experiências na área de vibrações e acústica. O Laboratório Virtual é composto de mais de 50 páginas interativas construídas na linguagem 'Java Script', que permitem a manipulação das variáveis envolvidas nos ensaios e a visualização dos resultados [2]. O Laboratório Virtual permite que o aluno, em seu próprio computador, realize todos os ensaios previstos na disciplina. As aulas virtuais por meio do laboratório propiciaram um maior interesse dos alunos pela disciplina, pois, mesmo se tratando de uma disciplina optativa do último ano do Curso de Engenharia Mecânica [3], sempre teve as 40 vagas das turmas preenchidas em todos os semestres em que foi oferecida. O controle de acesso do site indica perto de 200 consultas semanais ao Laboratório Virtual. Embora não tenha havido uma avaliação formal, as manifestações dos alunos ao professor indicam a plena aceitação da metodologia da disciplina.

Palavras Chave: Laboratório virtual, Ensino à distância, Tecnologia na educação, Rede mundial de computadores, Informatização da educação.

1. INTRODUÇÃO.

A educação continuada sempre esteve sustentada pela fala e pela escrita (textos impressos) e, sem dúvida, estes dois meios de comunicação sempre continuarão a ser a base da relação professor-aluno. Pode-se dizer que todas as tecnologias de comunicação inventadas pelo homem passaram pela sala de aula: algumas rapidamente (sem qualquer importância), outras permanecem até hoje. A Referência [4] apresenta uma relação (cronológica) dessas tecnologias: a fala, a escrita, a escrita impressa, o telégrafo, o telefone, a fotografia, o cinema o rádio, a televisão, o vídeo, o computador e todas as tecnologias decorrentes deste, como os recursos multimídia, transmissão de dados, correio eletrônico e rede de computadores.

Um conceito que ganhou força nos últimos anos é o "Ensino a distância" (EAD). A metodologia do ensinar a distância é muito antiga, tendo sua gênese com o uso de cartas (as Cartas de São Paulo no Novo Testamento são um exemplo dessa didática) e livros. A interatividade e agilidade de informações contidas na tecnologia digital fizeram a ideia se disseminar entre as maiores universidades do mundo [1]. Nos Estados Unidos existe mais de 200 instituições de ensino que utilizam o ensino a distância em seus cursos de pós-graduação (Tabela 1).

Tabela 1 *Algumas universidades estrangeiras que utilizam o ensino à distância.*

Universidade	**Número de Cursos com EAD**		
	Doutorado	**Mestrado**	**Especialização**
Est. Do Colorado	7	8	4
Carolina do Sul	--	6	--
Colorado	--	6	--
Carolina do Norte	--	6	--
Southeastern	7	4	12
Rochester I.T.	--	6	--
Georgia I.T	--	6	--
London	--	8	--
Columbia	1	8	--
California	--	12	5
Walden	4	2	--

No Brasil, o uso da informática no ensino a distância iniciou-se em 1971 com a primeira aula por computador ministrada na Politécnica da USP; em 1995 foi criado o curso de pós-graduação a distância (usando a tecnologia de videoconferência) em Engenharia de Produção da UFSC; em 1996 a criação da Escola do Futuro da USP, com cursos pela Internet da Escola Paulista de Medicina; e em 1997 a criação do curso de mestrado em informática da PUC – Campinas [5].

2. O ENSINO A DISTÂNCIA.

A educação a distância pode ser definida [6,7] como a família de métodos institucionais onde as ações dos professores são executadas à parte das ações dos alunos, incluindo aquelas situações continuadas que podem ser feitas na presença dos estudantes. Além disso, a comunicação entre o professor e o aluno deve ser facilitada por meios impressos, eletrônicos, mecânicos e outros. O ensino a distância envolve várias formas de estudo, nos vários níveis que não estão sob a contínua e imediata supervisão dos tutores presentes com seus alunos nas salas de aula.

O ensino a distância pode ser dividido em três fases [8]:

1 - Geração Textual - (até 1960) - que foi baseada no auto aprendizado suportado apenas por textos impressos. Destaca-se nesta fase o primeiro curso formal por correspondência realizado na Universidade de Chicago em 1881: um curso de Hebreu ministrado por William Harper, Reitor da

Universidade; em 1889, o Queen's College do Canadá ofereceu uma série de cursos remotos e de baixo custo, como forma de compensar as grandes distâncias entre os centros urbanos daquele país.

2 - Geração Analógica - (1964 a 1980) - que foi baseada numa atitude de auto aprendizado com suporte, não somente em textos impressos, mas também em tecnologias de mídia tais como recursos de áudio e vídeo.

3 - Geração Digital - (a partir de 1980) - que é baseada no auto aprendizado suportado por recursos tecnológicos altamente diferenciados, que podem ser balizadas pelos seguintes fatores: baixo custo e alto grau de interatividade dos atuais computadores pessoais; grande amplitude e o baixo custo de acesso das redes de computadores locais e remotas (Internet e Intranets); eficiência e o baixo custo dos modernos satélites e da telecomunicação digital.

O Ensino a distância [2,9] tem por princípio considerar que professores e alunos estão separados pela distância, podendo estar em diferentes salas de aula, em uma mesma escola ou em localidades diferentes, milhares de quilômetros de distância. O meio de instrução utilizado pode ser o impresso, voz, vídeo ou tecnologia eletrônica. A comunicação é interativa, o professor recebe feedback do aluno. A inexistência da dimensão pessoal (a comunicação presencial) leva à necessidade de se pensar em uma pedagogia específica para o ensino a distância [8].

Existem três grandes benefícios no ensino a distância [8]:

a) Alta Relação Benefício/Custo: um maior número de pessoas pode ser treinado, os custos de deslocamentos de pessoal ficam reduzidos e novos alunos podem ser incluídos no sistema sem custo adicional.

b) Grande Impacto e Alcance: o conhecimento pode ser comunicado e atualizado em tempo real, com treinamento efetivo; pode ser recebido pelo aluno no seu computador em casa ou no trabalho.

c) Multiplicidade de Opções: o aluno possui um maior número de opções para atingir os objetivos de aprendizagem.

Do ponto de vista pedagógico, o uso do computador (como substituto do professor) oferece as seguintes vantagens [2]: o computador tem mais facilidade para reter a informação e ministrá-la de maneira sistemática (jamais se esquece de um detalhe), a capacidade de sistematização do computador permite um acompanhamento do aluno em relação aos erros mais frequentes e à ordem de execução das tarefas e, finalmente, os sistemas computacionais oferecem recursos multimídia (cores, animação, som) apresentando a informação de um modo que jamais o professor tradicional poderá fazer com giz e quadro negro [10].

3. PROPOSTA DO TRABALHO.

Este trabalho tem como objetivo relatar uma experiência em ensino a distância na disciplina optativa "Acústica e Ruídos", do Curso de Engenharia Mecânica da Unesp, Campus de Bauru.

4. AS AULAS PRESENCIAIS.

A disciplina optativa "Acústica e Ruídos" é ministrada aos alunos do curso de Engenharia Mecânica da Unesp, campus de Bauru e tem uma carga horária de 60 horas (4 créditos).

As aulas presenciais são ministradas com forte apoio de equipamentos audiovisuais e multimídia. Os conceitos são enriquecidos com sons (voz, instrumentos musicais de cordas, sopro, percussão e eletrônicos), ruídos (vozes, palmas, ruídos da natureza e normalizados), além de testes de frequência, testes de audibilidade e trechos de gravações ao vivo, para mostrar características acústicas de ambientes como reverberação, eco, ressonância, absorção e reflexão. Também são usados diversos softwares que ilustram (e demonstram) os conceitos apresentados em classe (geradores de sinais de áudio, analisadores de espectro, filtros, compressores, expansores, equalizadores etc.).

A partir de 2000, o professor da matéria criou um 'site' onde todas as informações sobre a disciplina são depositadas.

A ideia de disponibilizar todo o material usado nas aulas em um site nasceu de solicitações dos alunos que sentiam a necessidade de rever as demonstrações realizadas em sala de aula. Desta forma, optou-se em transformar parte da carga horária do curso, em aula virtual: 45 horas presenciais (3 créditos) e 15 horas (1 crédito) virtuais.

Idealizou-se, assim, um ambiente de aprendizagem em que o aluno pudesse rever os conceitos, refazer os ensaios, interferir nos ensaios com a manipulação das variáveis e aprofundar os conhecimentos, com a leitura de novos textos [3].
O Laboratório Virtual é composto de mais de 50 páginas interativas, construídas na linguagem 'Java Script', que permitem a manipulação das variáveis envolvidas nos ensaios e a visualização dos resultados. O Laboratório Virtual, portanto, torna possível que o aluno, em seu próprio computador, realize todos os ensaios previstos na disciplina.

4.1. As Informações no Site.

O site pode ser conferido no endereço:

http//:wwwp.feb.unesp.br/jcandido

O material disponível é utilizado pelos alunos de três formas:

- Revisão dos conceitos ministrados em sala: o ambiente virtual permite ao aluno rever o conteúdo ministrado em aula, pois todo o material apresentado nas aulas presenciais está disponível no site: os arquivos dos slides do 'Power Point', os arquivos dos capítulos da apostila, os softwares demonstrativos, os arquivos de som (wav), etc. Este material permite que o aluno reproduza integralmente a aula em seu computador.
- Fixação dos conceitos: o Laboratório Virtual permite que os alunos refaçam (de forma virtual) os ensaios realizados em sala de aula, com a vantagem de poderem manipular as variáveis.
- Aprofundamento: os alunos que desejarem investigar mais profundamente os conceitos apresentados podem recorrer à leitura de textos complementares.

5. O LABORATÓRIO VIRTUAL.

Apresenta-se, a seguir, alguns exemplos de utilização do Laboratório Virtual.
Primeiro exemplo: no estudo de vibrações, um dos primeiros conceitos apresentados aos alunos é a formação do Movimento Harmônico Simples (MHS). A principal forma de visualização deste movimento é pela projeção de um Movimento Circular Uniforme (MCU). A figura (estática) impressa na apostila exige que o aluno imagine o movimento circular e sua projeção num plano horizontal (Figura 1).

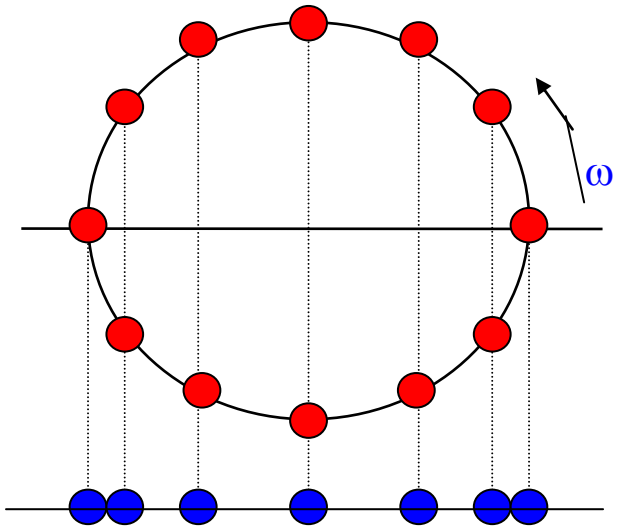


Figura 1 *Visualização do mhs a partir do mcu.*

Ao acessar as figuras animadas no Laboratório Virtual o aluno tem a visualização de o Movimento Circular, a sua projeção num plano (com a formação do MHS) e a representação gráfica do movimento, com a plotagem da curva senoidal (Figuras 2 e 3).

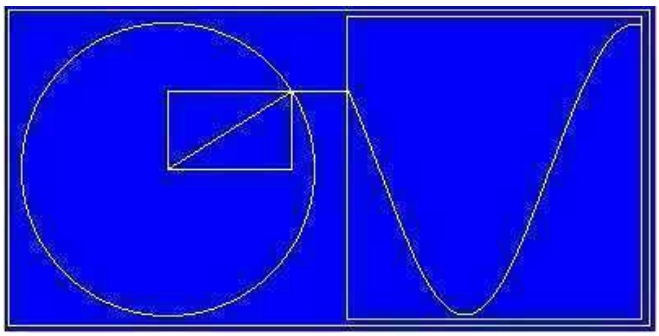


Figura 2 *Figura animada do laboratório virtual mostrando a transformação do mcu em mhs.*

Segundo exemplo: ainda no estudo de vibrações, o primeiro sistema mecânico apresentado aos alunos é o sistema mola-massa-amortecedor. Partindo-se dos parâmetros mecânicos já conhecidos, tais como coeficiente de rigidez da mola (k), massa (m) e coeficiente de amortecimento (b) são conceituados os parâmetros frequência (f), amplitude (A), período (T) e frequência natural (ωn).

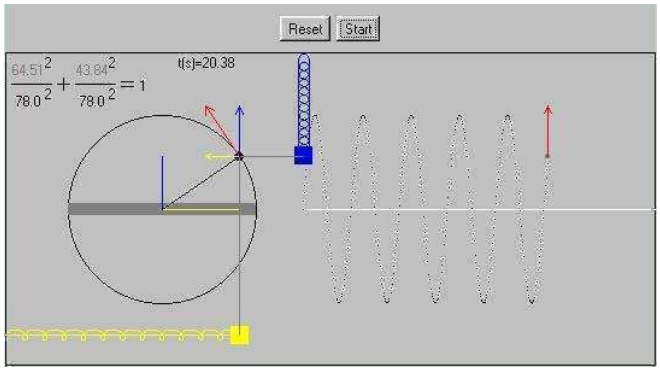


Figura 3 *Figura animada do laboratório virtual mostrando a transformação do mcu em mhs com a plotagem da senoide.*

Em sala de aula apresenta-se um suporte com um sistema mola-massa (Figura 4), possibilitando a observação do fenômeno vibratório. Com o uso de um cronômetro (usa-se um relógio de um dos alunos), mede-se o tempo das oscilações e obtêm-se os parâmetros de estudo.
O suporte é restrito à utilização de apenas uma mola e uma massa, sem qualquer amortecimento. Ao entrar no Laboratório Virtual, o aluno pode optar por dois ensaios diferentes, manipulando todas as variáveis do sistema. No primeiro ensaio (Figura 5), sem amortecimento, digita os valores da massa e do coeficiente de rigidez da mola. Em seguida ele puxa a massa para baixo (como num suporte real), aciona a tecla “GO” e poderá observar o comportamento do sistema.
No segundo ensaio (Figura 6), com amortecimento, o aluno pode escolher os valores das variáveis ‘k’, ‘m’ e ‘b’. Ao acionar o sistema em “START”, ele visualizará claramente o movimento vibratório amortecido. É importante salientar que ele pode alterar as variáveis quantas vezes quiser, podendo obter (e visualizar) os amortecimentos subcríticos, crítico e sobre crítico. Também é possível a mensuração dos parâmetros.

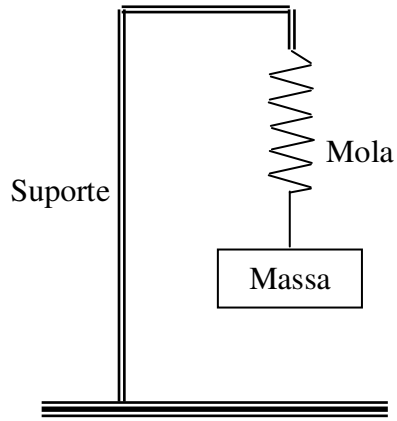


Figura 4 *Suporte com um sistema massa-mola usado nas aulas.*

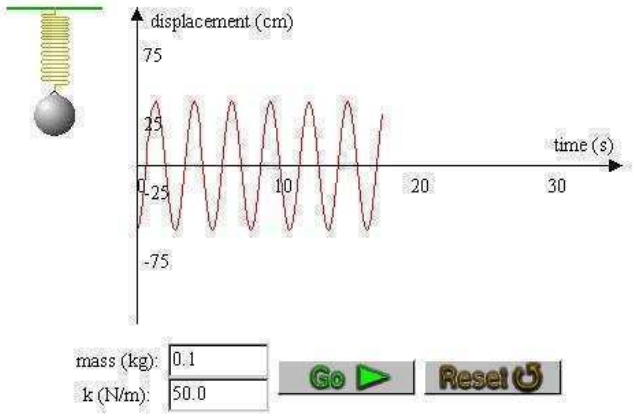


Figura 5 *Sistema massa-mola virtual disponível no laboratório virtual.*

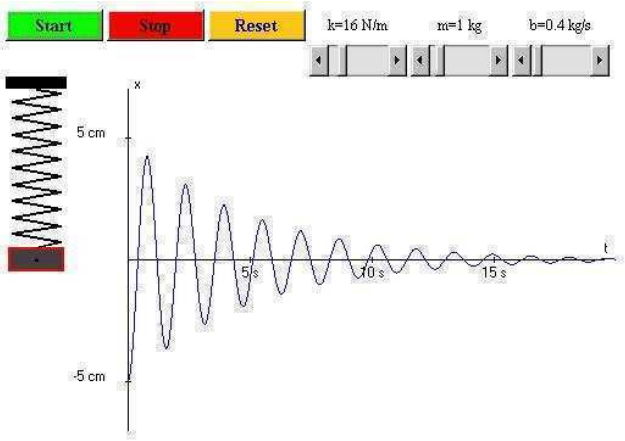


Figura 6 *Sistema massa-mola virtual disponível no laboratório virtual.*

Terceiro exemplo: um conceito de difícil compreensão aos alunos é a propagação transversal e longitudinal de ondas. O Laboratório Virtual facilita bastante a visualização das duas formas de

propagação. As Figuras 7 e 8 apresentam as animações, com essas propagações em uma nuvem de pontos.

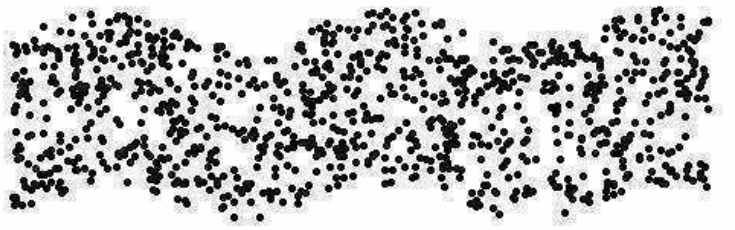


Figura 7 *Figura animada do laboratório virtual mostrando uma onda com propagação transversal.*

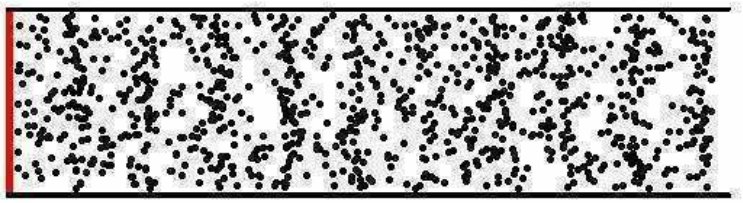


Figura 8 *Figura animada do laboratório virtual mostrando uma onda com propagação longitudinal.*

Quarto Exemplo: a visualização de uma onda sonora também oferece uma grande dificuldade de entendimento aos alunos. O som é uma onda de pressão no ar, com propagação longitudinal, o que dificulta que os alunos visualizem mentalmente esse fenômeno. O Laboratório Virtual oferece uma série de imagens animadas que facilitam essa visualização (Figuras 9 e 10).

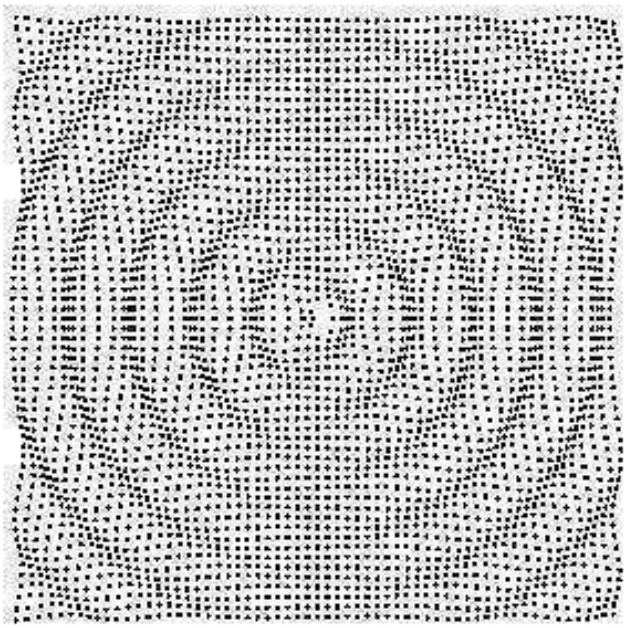


Figura 9 *Figura animada do laboratório virtual mostrando uma onda sonora com fonte bipolar.*

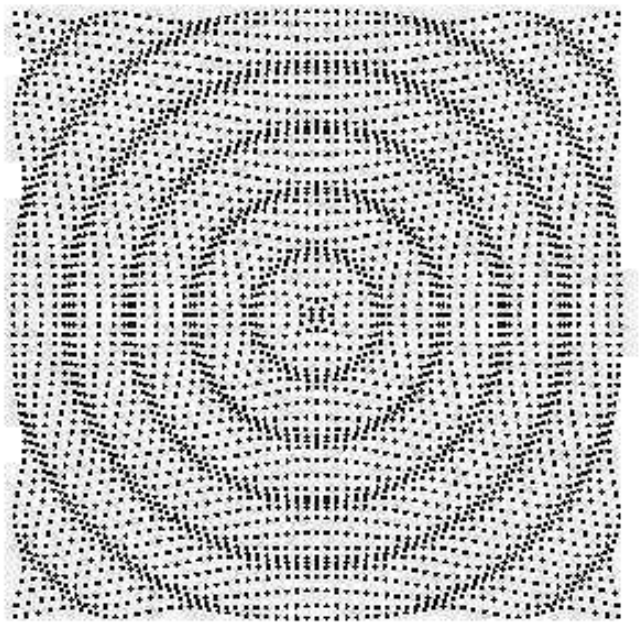


Figura 10 *Figura animada do laboratório virtual mostrando uma onda sonora com fonte monopolar.*

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

As aulas virtuais por meio do laboratório propiciaram um maior interesse dos alunos pela disciplina, pois mesmo se tratando de uma disciplina optativa do último ano do Curso de Engenharia Mecânica, sempre teve as 40 vagas das turmas preenchidas em todos os semestres em que foi oferecida. O controle de acesso do site indica perto de 200 consultas semanais ao Laboratório Virtual. Embora não tenha havido uma avaliação formal, as manifestações dos alunos ao professor indicam a plena aceitação da metodologia da disciplina. Em diálogo informal com a classe, eis algumas sugestões dos alunos, que estão sendo implementadas: dizem permanecer mais que uma hora por semana no ambiente virtual (o que equivaleria à carga horária virtual) com, em média, três consultas semanais; sugerem um aumento do número de ensaios, atingindo outras partes da disciplina; gostariam de fazer as provas no ambiente virtual; sugerem um controle de acesso com identificação dos alunos

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] LOYOLLA, W. E PRATES, M. Educação à distância mediada por computador EDMC – Uma proposta pedagógica para a pós-graduação. 2001. Disponível em: http://www.pucamp.br/~prates/index.html. Acessado em 12/02/2011.

[2] VALENTE, J.A. O uso inteligente do computador na educação. Pátio – Revista Pedagógica. Editora Artes Médicas Sul, ano 1, nº1, p. 19-21, 2000.

[3] VIEIRA, F.M.S.; MATOS, M.L.; MAIA; R.B. NTE Virtual: Interação, Colaboração e Aprendizado em Rede. Programa Nacional de Informática na Educação. Disponível em: http://www.proinfo.gov.br/didatica/textosie/txntevirtual.shtm. Acessado em 14/03/2011.

[4] CHAVES, E.O.C. Tecnologia na Educação – Conceitos Básicos. Disponível na Internet no site:http://www.edutecnet.com.br/Tecnologia%20e%20Educacao/edconc.htm# Tecnologia%20na%20Educação. 1989. Acessado em 18/11/2010.

[5] LOYOLLA, W. E PRATES, M. Metodologia de educação à distância mediada por computador: resultados de sua aplicação em diversos níveis educacionais no biênio 1998-2000. 2001. Disponível em: http://www.pucamp.br/~prates/index.html. Acessado em 12/03/2011.

[6] NUNES, IVÔNIO B. (1992) "Educação à Distância e o Mundo do Trabalho" Tecnologia Educacional. v.21 (107). Jul. 1992, Rio de Janeiro, ABT.
[7] NUNES, IVÔNIO B. (1992) "Pequena Introdução à Educação a Distância". Educação a Distância. n° 1, junho/92, Brasília, INED.
[8] SILVA, E. M E BOTACIN, P.R. Curso de Ensino à Distância – Módulo I – Conceitos em EAD. 2003. Universidade Estadual Paulista. Disponível no site: http//:www.unesp.br. Acessado em 18/01/2011.
[9] LEITE, L.S. O desenvolvimento da EAD. Disponível em: http//:www.intelecto.net./ desenvolvimento_ead.htm. 2000. Acessado em 08/03/2011.
[10] AZEVEDO, W. E-Learning como elemento de integração no processo educacional. 27º Congresso Nacional da Associação Brasileira de Recursos Humanos. 2003. Disponível em: http//:www.aquifolium.com.br/educacional/artigos/palestra.html. Acessado em 21/03/2011.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Avaliação da demanda de vagas para os cursos na área de ciência e tecnologia no Brasil

Fernandes, João Candido[1]

[1] *Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Bauru*
Av. Luiz Edmundo Coube 14-01, CEP: 17.033-360, Bauru, São Paulo, Brasil.
E-mail: jcandido@feb.unesp.br

RESUMO.

O trabalho apresenta uma pesquisa estatística sobre a procura por cursos nos principais vestibulares brasileiros nos últimos 20 anos, comparando as três grandes áreas: Ciências Exatas, Ciências Humanas e Ciências Biológicas. Faz uma análise dos Cursos de Engenharia, comparando a demanda por vagas, o ingresso nos vestibulares e o número de profissionais formados. A metodologia empregada foi o levantamento estatístico a partir de 1990 da demanda de vagas em vestibulares de 19 cursos na área de Ciências Exatas, 27 cursos na área de Ciências Biológicas e 27 cursos na área de Ciências Humanas. Para a área de Engenharia foram obtidos dados sobre o número de formandos. Os resultados apresentaram (até o ano de 1999) uma diminuição na procura de cursos superiores nas áreas de Ciências Exatas, acompanhada de um aumento na procura de cursos na área de Ciências Humanas [12]. Esta mesma tendência ocorreu também nos Estados Unidos e Europa, que até hoje indicam uma falta de técnicos e cientistas, chegando a ocorrer que vários países (como a Alemanha, por exemplo) invistam em programas de 'importação' de Engenheiros. A partir do ano 2000, houve uma estabilidade na demanda por vagas na área de Engenharia (com um pequeno aumento influenciado pelos cursos de Engenharia de Produção) e uma forte queda na procura por vagas na área de Ciências Humanas [14]. Atualmente, a formação de Engenheiros no Brasil é preocupante, pois são formados menos de um terço do necessário: apenas a metade das vagas da área de Engenharia é preenchida nos vestibulares e menos de um terço dos ingressantes são formados.

Palavras Chave: Vestibulares, Demanda por vagas, Engenharia, Formação de Engenheiros.

1. INTRODUÇÃO.

A análise criteriosa do número de estudantes que ingressaram nos vestibulares brasileiros nos últimos 20 anos evidencia uma estagnação na procura de cursos nas áreas de Ciências Exatas e Biológicas, até o ano de 1998, acompanhado de um aumento na procura de cursos na área de Ciências Humanas para o mesmo período. A partir do ano 2000 houve um pequeno aumento na procura dos cursos na área de Ciências Exatas, mesmo assim não suprindo a demanda do mercado [12]. Os cursos de Engenharia de Produção, embora tenham se iniciado nos anos 1970, somente na última década do século passado se multiplicaram no Brasil e, a partir de 2002, passaram a concorrer com as outras modalidades de Engenharia (Mecânica, Civil, Elétrica).

Nos Estados Unidos e Europa já é clara a falta de técnicos e cientistas, e vários países (como a Alemanha, por exemplo) já investem em programas de "importação" de engenheiros. A Figura 1 apresenta a variação do número de estudantes no Reino Unido, entre os anos de 1995 e 2000: enquanto o número médio de estudantes cresceu mais de 10%, o número de estudantes de Engenharia e Tecnologia diminuiu 7% e o de Matemática 1% [1]. O mesmo autor apresentou uma projeção da tendência de aumento desses dados.

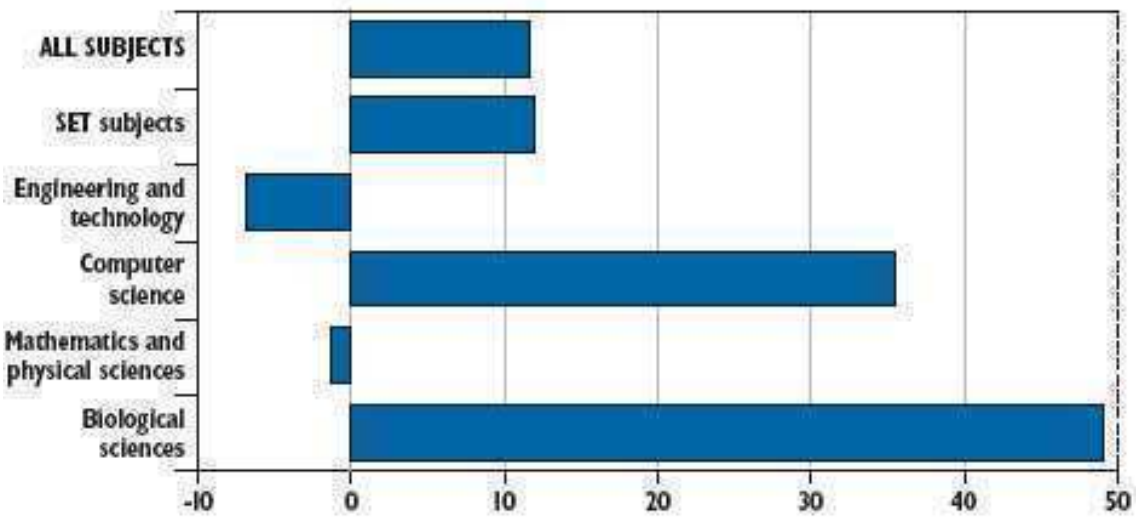


Figura 1 *Variação do número médio de estudantes no Reino Unido (entre 1995 e 2000) [1].*

A Figura 2 mostra a variação na quantidade de qualificações técnicas, nos anos de 1994-1995 e 1999-2000, nas diversas áreas, em escolas do Reino Unido. Enquanto nas áreas de Matemática, Física, Química e Engenharia e Tecnologia ocorreu uma queda acentuada, as áreas de Informática, Biológicas e Administração de Empresas tiveram um acentuado aumento. Essa tendência de escassez de profissionais na área de Engenharia, no mercado do Reino Unido, já influenciou a oferta de salários, pois os valores pagos em 2001 para estes profissionais eram mais do que 20% maiores que os salários das áreas de Ciências Sociais e Ciências Biológicas [1].

Em Portugal a situação é a mesma: segundo o Ministério da Ciência e Ensino Superior [2] nos vestibulares de 2003 houve uma redução de 13,5% nas inscrições para as áreas de Ciências e de 8,7% nas áreas de Tecnologia (em relação a 2002). Em 2004, a Universidade do Porto criou um "Seminário sobre a comunicação da Ciência e do entusiasmo de fazer Ciência" [3], na tentativa de vencer a dificuldade de transmitir aos jovens em idade escolar o entusiasmo pela Ciência e Tecnologia. Outra iniciativa é o "Prémio Fundação Ilídio Pinho Ciência na Escola", que mereceu a assinatura de um protocolo com o Ministério da Educação, criando em 2002-2003 um concurso de ideias entre 170 escolas [4].

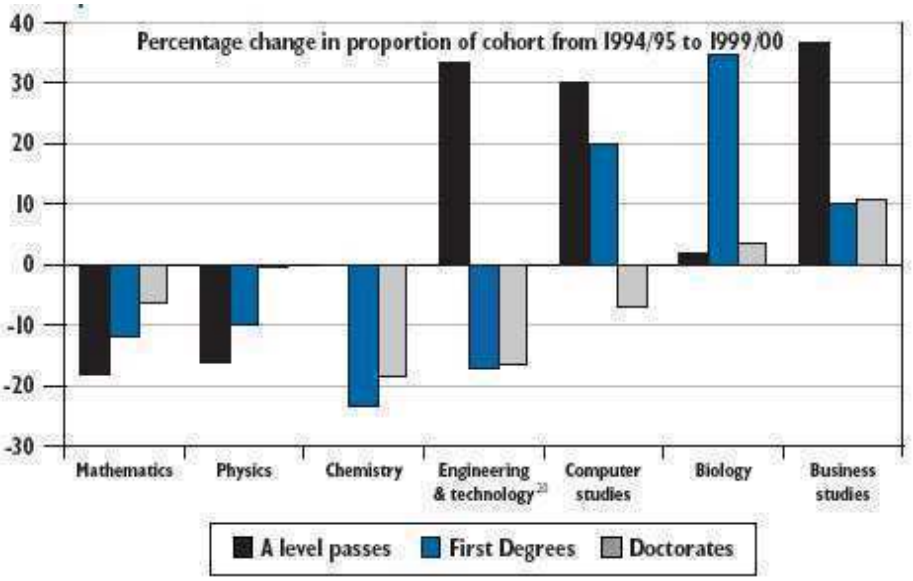


Figura 2 *Variação na quantidade de qualificações técnicas (1994/95 e 1999/00)[1].*

2. SITUAÇÃO NO BRASIL.

A situação no Brasil também é preocupante. Durante os anos de 2003 e 2004, vários seminários aconteceram na Universidade Estadual Paulista sobre o assunto [5, 6, 7, 8]. As Figuras 3 e 4 apresentam a evolução das matrículas em cursos superiores brasileiros [13]. Os dados, até o ano de 2005, são do Censo Estatístico MEC/INEP e os dados a partir de 2005 são estimados.

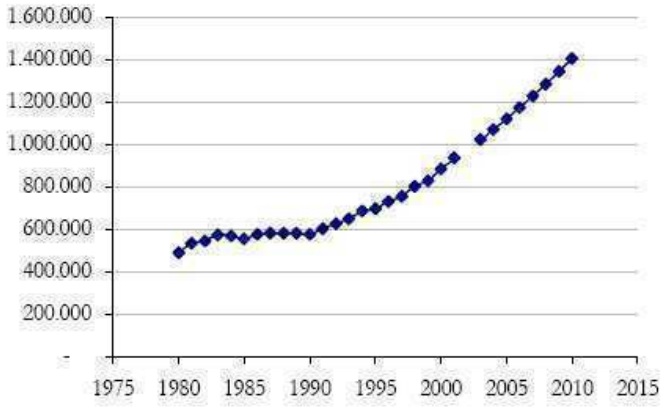


Figura 3 *Número de matrículas em cursos superiores de escolas públicas no Brasil.*

Em 2008, foram criadas 7 mil vagas para engenheiros civis, sendo 3,1 mil no primeiro semestre de 2009. Estes números estão abaixo dos engenheiros credenciados anualmente no CONFEA, criando um déficit de profissionais e fazendo com que o salário de um Engenheiro Civil sênior saltasse de R$ 6 mil para R$ 18 mil. Algumas incorporadoras chegaram a criar programas para atrair novos engenheiros, como o programa “Começe bem” para engenheiros de Produção, que fornecia ao profissional um período de formação e adaptação à empresa [14].

A Figura 5 apresenta as porcentagens de formação por área no Brasil [9]. A área de Engenharia representa, aproximadamente, 6% do total de concluintes dos cursos superiores. A Tabela 1 compara

esta porcentagem com outros países. As Figuras 6 e 7 apresentam o crescimento dos cursos superiores e as modalidades de cursos que mais cresceram (comparação entre os anos de 1995 e 2005) [9].

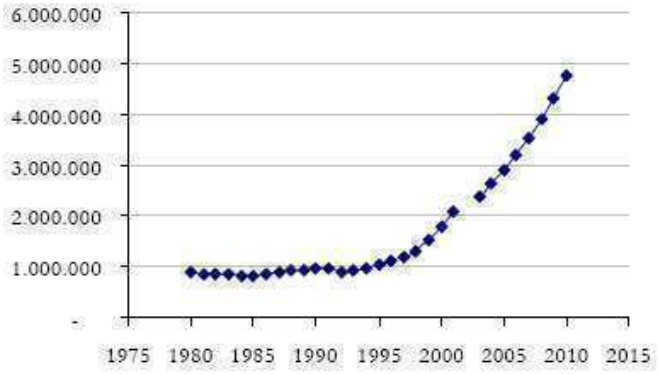


Figura 4 *Número de matrículas em cursos superiores de escolas privadas no Brasil.*

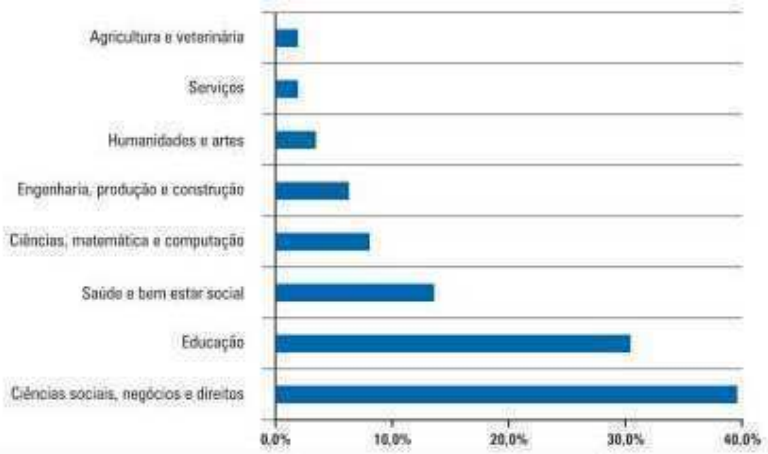


Figura 5 *Porcentagem dos concluintes em cursos superiores no Brasil [9].*

Figura 6 *Crescimento no número de cursos superiores no Brasil [9].*

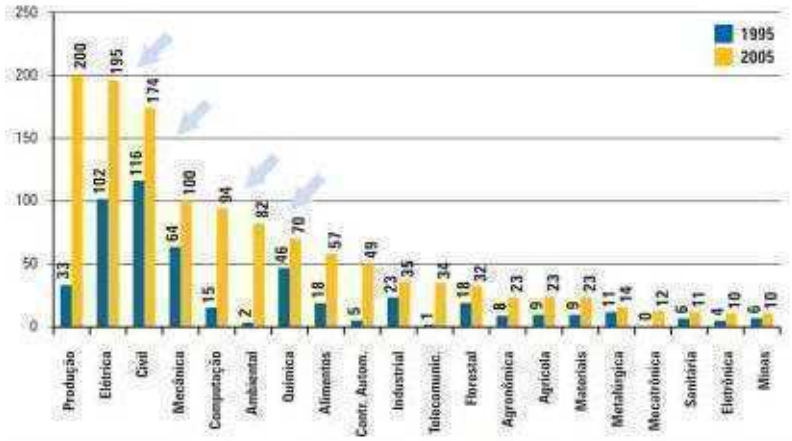


Figura 7 *Modalidades que mais cresceram em número de cursos [9].*

Tabela 1 *Porcentagem de concluintes em Engenharia em alguns países.*

Países	Porcentagem de concluintes em Engenharia
Brasil	6 %
Coréia	25 %
Rússia	18 %
Média da OECD	14 %

A Tabela 2 mostra o número de Engenheiros formados por ano em alguns países. Atualmente, a formação de Engenheiros no Brasil é preocupante, pois são formados menos de um terço do necessário: apenas a metade das vagas da área de Engenharia é preenchida nos vestibulares e menos de um terço dos ingressantes são formados (Tabela 3).

Tabela 2 *Número de Engenheiros formados por ano em alguns países.*

Países	Número de Engenheiros formados/ano
Brasil	47 mil
Coréia	80 mil
Rússia	190 mil
Índia	200 mil
China	300 mil

Tabela 3 *Situação de ingresso e formação nos cursos de Engenharia no Brasil.*

Ano	Vagas Oferecidas	Ingressos	Concluintes
2005	148.080	89.030	36.918
2008	239.134	140.870	47.098

3. PROPOSTA DO TRABALHO.

Este trabalho teve como objetivo fazer uma pesquisa estatística sobre a procura por cursos nos principais vestibulares brasileiros nos últimos 20 anos, comparando a demanda nas três grandes áreas: Ciências Exatas, Ciências Humanas e Ciências Biológicas.

4. METODOLOGIA DO TRABALHO.

Utilizou-se como fonte de dados as duas maiores fundações de vestibulares brasileiras: a Vunesp e a Fuvest. A Vunesp realiza vestibulares semestrais para a Universidade Estadual Paulista (Unesp) e para algumas universidades federais; a Fuvest realiza os vestibulares da Universidade de São Paulo (USP).

Quanto à época de análise, utilizou-se dados dos últimos 20 anos (a partir de 1990). Escolheu-se um rol de cursos para cada uma das áreas (exatas, humanas e biológicas) que tivessem as seguintes características:

- ser tradicional da área;
- ter sido oferecido durante todo o período de análise;
- cursos que mudaram suas características ou o número de vagas oferecidas não foram levados em consideração;
- todos os dados de exames vestibulares aplicados a diversas turmas do mesmo curso foram computados e apresentados o valor médio (por exemplo: os dados de Engenharia Mecânica da Vunesp indicam os valores médios para os cursos das Faculdades dos campi de Bauru, Ilha Solteira e Guaratinguetá).

A Tabela 4 apresenta os cursos analisados.

Tabela 4 *Cursos analisados*.

Áreas	Cursos	Fuvest	Vunesp
Exatas	Engenharia Civil	2	3
	Engenharia Elétrica	2	3
	Engenharia Mecânica	2	3
	Engenharia de Produção	2	2
Biológicas	Ciências Biológicas	4	11
	Medicina	1	1
	Veterinária	2	2
	Odontologia	2	2
	Zootecnia	1	1
Humanas	Jornalismo	1	2
	Relações Públicas	2	1
	Psicologia	2	1
	Filosofia	1	1
	História	2	1
	Geografia	2	1

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

A Figura 8 apresenta a procura média (número de candidatos) para os 19 cursos de Engenharia Civil, Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. A Figura 9 apresenta o comportamento do número médio de candidatos para os 27 cursos da área Biológica. A Figura 10 mostra o número médio de inscritos nos vestibulares para os 17 cursos da área de Humanas. A Figura 11 mostra a média da procura para cada uma das três áreas.

Os resultados para o Brasil mostram que a situação não tem as mesmas características da situação da Europa e Estados Unidos.

Dos cursos pesquisados da área de Exatas, o Curso de Engenharia Civil sempre foi o de menor procura; estes cursos tinham uma boa demanda até 1991, quando passaram a perder candidatos. Essa queda foi se acentuando até 1997, quando houve 39,1% de diminuição. A partir de 1997, estes cursos tiveram um aumento da procura (tendência que aconteceu em todos os cursos de todas as áreas), atingindo um novo patamar em 2000. A partir desse ano, a demanda se manteve constante,

com poucas variações. A partir de 2005, notou-se uma forte queda na procura dos cursos de Civil (causada pela falta de incentivo na área de construção) e Elétrica (causada pela subdivisão do curso de Elétrica em áreas semelhantes como eletrônica, mecatrônica, informática, produção eletrônica, etc.), com um forte aumento na procura dos cursos de mecânica. Os cursos de Engenharia de Produção ganharam força a partir de 2003, colocando-se hoje como os mais procurados na área de Exatas.

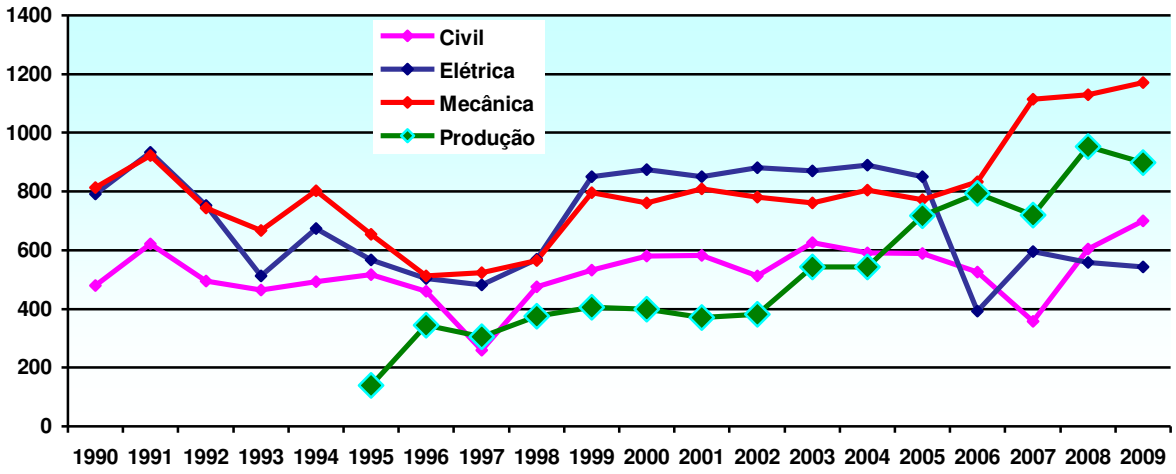


Figura 8 *Número médio de candidatos para os 19 cursos de Engenharia Civil, Elétrica, Mecânica e Produção.*

A Figura 9 apresenta os cursos pesquisados da área biológica.

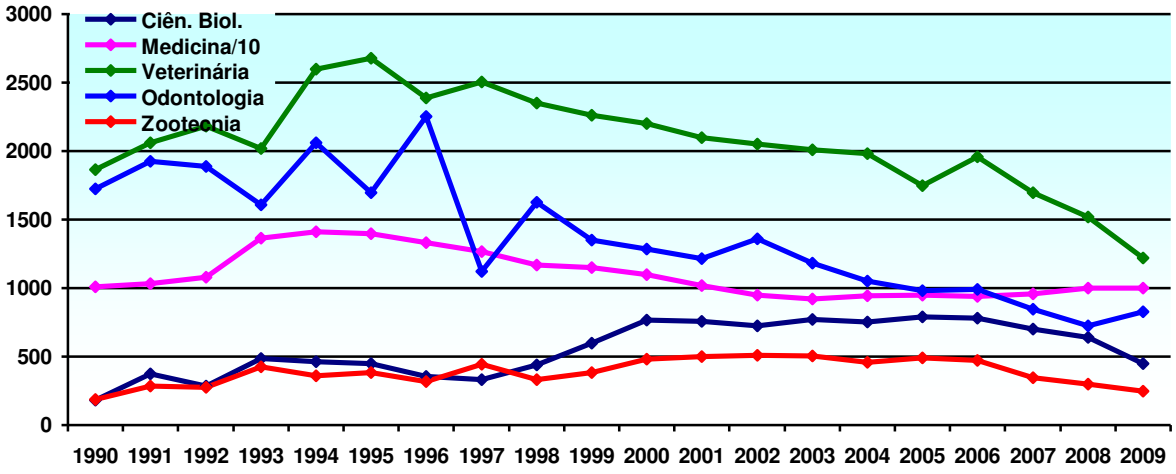


Figura 9 *Número médio de candidatos para os 27 cursos da área Biológica.*

Para a área biológica, os cursos mais tradicionais (Medicina, Veterinária e Odontologia) mantiveram-se com uma procura constante. Notou-se um aumento acentuado de candidatos em alguns desses cursos nos anos de 1994 e 1995. Para o curso de Medicina (o mais procurado entre todos os cursos) é possível perceber uma ligeira e contínua queda (13%) na procura entre 1994 e 2004, mantendo-se constante a partir desse ano. Com exceção do curso de Medicina, todos os outros cursos da área

biológica apresentram queda na demanda: nos últimos dez anos a procura do curso de Veterinária caiu 46%, o curso de Odontologia 38%, Ciências Biológicas 41% e Zootecnia 34%.
Para a área de Ciências Humanas (Figura 10) as tendências são semelhantes. Os cursos de Jornalismo, Psicologia História e Filosofia tiveram um crescimento na procura até o ano de 1998, apresentado uma queda constante a partir dele. De 1998 até hoje, a demanda de candidatos para o curso de Jornalismo caiu 43%, Psicologia 29%, História 51% e Filosofia 41%. Para os cursos de Relações Públicas e Geografia, ocorreu um crescimento na demanda de alunos até 2002, apresentado quedas a partir de então.

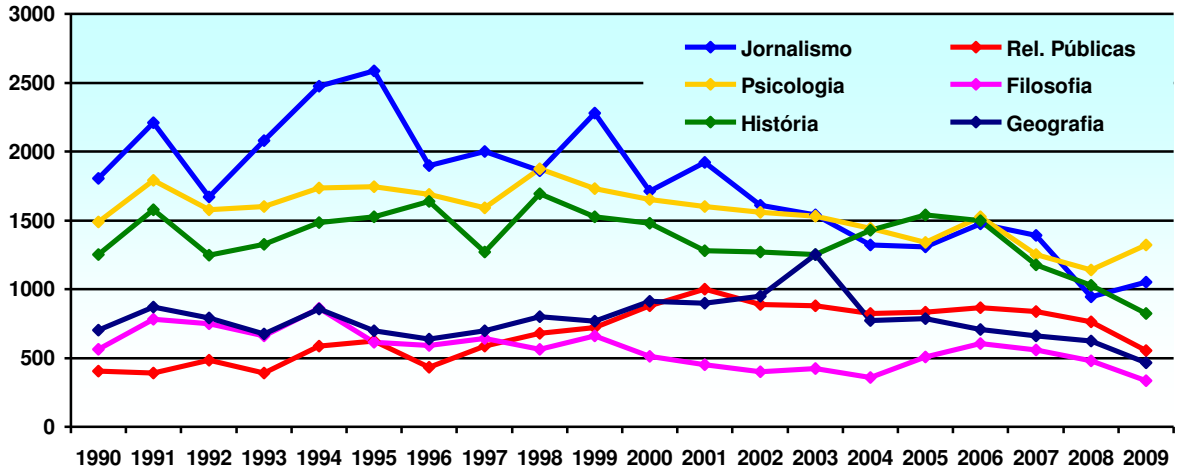


Figura 10 *Número médio de inscritos nos vestibulares para os 17 cursos da área de Humanas.*

Na Figura 10 pode-se notar a tendência geral da procura dos cursos em cada área. Tomando-se os últimos dez anos, a procura por cursos na área Biológica diminuiu 37%, para a área de Humanas diminuiu 41%, enquanto que a área de Exatas houve um aumento de 28%. Os cursos de Engenharia de Produção tiveram alguma influência nestes números, pois apresentaram um crescimento de 194% nos últimos dez anos e 135% entre 2002 e 2009.

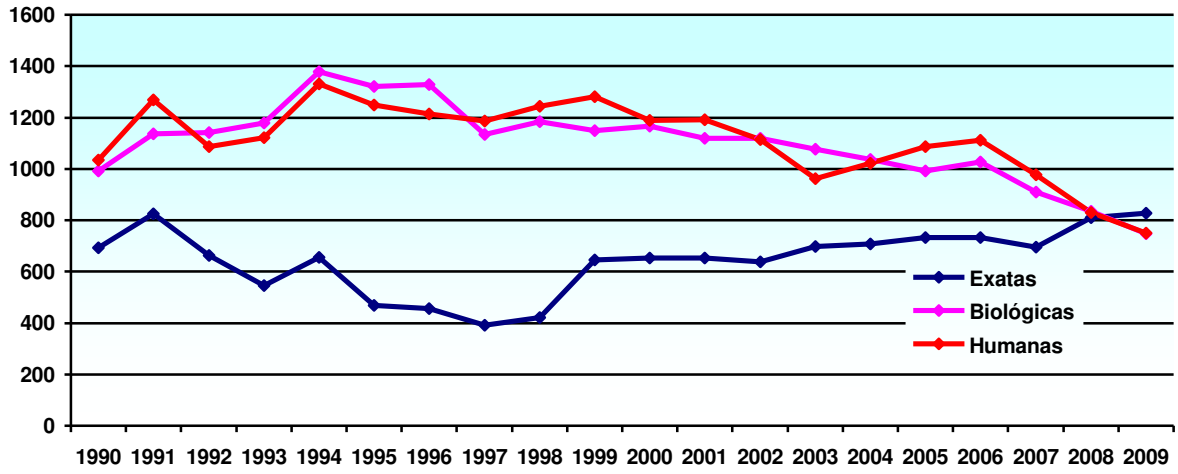


Figura 11 *Média da procura para cada uma das três áreas.*

6. CONCLUSÕES.

A tendência da procura dos cursos nos vestibulares brasileiros para as três grandes áreas do saber não tem as mesmas características da Europa e Estados Unidos. Nestes países há um forte aumento na demanda de cursos nas áreas Biológicas e Humanas e uma forte queda nos cursos da área de Ciências Exatas.

Para o Brasil (1999/2010), pode-se afirmar:

- os dados apresentados nesta pesquisa se referem apenas às demandas de candidatos aos vestibulares das universidades públicas do Estado de São Paulo; as universidades públicas brasileiras são responsáveis por aproximadamente 30% dos alunos matriculados em cursos superiores;
- na área de Exatas houve uma estagnação na demanda dos cursos (aumento de +1,5%) entre 1999 e 2005; esta estagnação foi a responsável por colocar no mercado um número de engenheiros menor que o necessário, causando a atual falta de profissionais;
- entre 2005 e 2010, a área de Exatas teve um pequeno aumento na procura (13%), motivado pelos cursos de Engenharia Mecânica e Produção (embora tenha havido uma diminuição nos cursos de Elétrica e Civil);
- a área Biológica registrou uma tendência de queda na procura, desde 1994 até a atualidade (45%); até 2003, o curso de Medicina teve uma diminuição na demanda, mantendo-se constante até o último ano pesquisado;
- as maiores alterações ocorreram na área de Humanas: os cursos de grande procura na década de 1990, como Jornalismo e Psicologia tiveram os candidatos aos vestibulares reduzidos à metade; todos os cursos analisados registraram grande queda na procura, principalmente a partir de 2006.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] Roberts, G, "SET for success. The supply of people with science, technology, engineering and mathematics skills", http://www.hm-treasury.gov.uk/media/643/FB/ACF11FD.pdf, oct. 2004

[2] "Primeira fase de acesso ao ensino superior com fraca procura em Ciência e Tecnologia", http://tek.sapo.pt/4M0/419199.html. Out 2004

[3] Carrapatoso, E; Restivo, M T; Marques, J C; Ferreira, A; Cardoso, R M; Gomes, J F. “Motivar os jovens para as áreas da ciência e tecnologia reflexões na Universidade do Porto”. GCETE’2005 - Global Congress on Eng. and Tech. Education. Brazil, march 2005

[4] Mendonça, J M, "Estimular vocações e melhorar o ensino das ciências - uma experiência em curso", Boletim INESC PORTO, nº20, 2003, http://animal.inescn.pt/publico/bip/20/paginas/ tribuna.html, out.2004.

[5] Lopes, O.U. Universidade pública, para quê? http://www.usp.br/jorusp/ arquivo/2000/jusp502/ manchet/rep_res/opiniao.html. out. 2005.

[6] Santos, I. Deputados avaliam proposta do Cruesp. http://www.usp.br /jorusp/arquivo/2001/jusp563/ caderno/universidade9.html. out 2005.

[7] Schwartzman, S. Ensino Público e Ensino Privado: Convergências e Divergências. Anais do I Encontro Nacional de Associação Brasileira de Mantenedoras, novembro de 1983.

[8] Schwartzman, S. Nota sobre Qualidade e Expansão do Ensino Superior. http://www.schwartzman.org.br/simon/com99.htm. out 2005.

[9] CNI. Confederação Nacional da indústria. Inova Engenharia, 2006.

[10] NAGATOMI, F. Engenheiros: onde estão eles. Jornal do Instituto de Engenharia, nº 63, 2011.

[11] IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Escassez de Engenheiros: realmente um risco? Jornal Radar, nº 6, fevereiro, 2010.

[12] Fernandes, J. C.; Fernandes, M. R. M.; Fernandes, V. M. Avaliação da procura de cursos na área de ciência e tecnologia no Brasil. In: World congress on computer science, engineering and technology education - WCCSETE’2006, Itanhaem, march, 2006.

[13] Carvalho, M. M. Projeção da matrícula no ensino superior no Brasil, por dependência administrativa. Observatório Universitário Databrasil – Ensino e pesquisa, 2004.

[14] Justus, P. Procuram-se Engenheiros. Jornal O Estado de São Paulo [on line], 6 ago. 2009.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Comparación de la dinámica de un vehículo en versiones 4x2 y 4x4, a partir de un modelo basado en leyes de la mecánica introductoria

Di Paolo, José; Vanrell, Sebastián R.*

Cátedra Física Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos
Ruta Provincial 11, km 10, 3100 Oro Verde, Entre Ríos, Argentina
jdipaolo@bioingenieria.edu.ar

RESUMEN.

En carreras de Ingeniería, incluso Bioingeniería, Física es la ciencia básica fundamental cuya enseñanza comienza desde el primer año. El razonamiento en torno a las leyes dentro de sus marcos de validez y la matemática involucrada en los modelos descriptivos de los fenómenos estudiados, generan dificultades en el aprendizaje que pueden sobrellevarse dando respuesta a las motivaciones de los estudiantes. La comprensión del funcionamiento de máquinas y/o dispositivos de uso cotidiano puede ser una de estas respuestas, elaborando modelos a través de ecuaciones sencillas que capturen las características mecánicas esenciales.
El objetivo de este trabajo es la comprensión del movimiento de un vehículo traccionado por ruedas como una primera aproximación a los automóviles, comparando dos versiones: 4x2 y 4x4. Ello se realiza a través del planteo de un modelo en ecuaciones del movimiento rectilíneo con aceleración constante basado en la dinámica de traslación y de rotación, considerando una fuerza de resistencia al avance dependiente del cuadrado de la velocidad y una resistencia a la rodadura.
La metodología para el planteo y solución del modelo en ecuaciones implica combinar conceptos de Física, herramientas matemáticas y habilidades de programación para dilucidar la relación cuantitativa entre aceleración, torque en las ruedas, coeficientes de fricción necesarios y cantidad de ruedas motoras y conducidas.
Los resultados que arroja el modelo muestran a los alumnos de primer año -en base a las herramientas teóricas que poseen- las ventajas de la versión 4x4 sobre la 4x2, al carecer de ruedas conducidas y producir tracción con sus cuatro ruedas. Las actividades didácticas derivadas de este trabajo y desarrolladas en el aula de Física Mecánica de la FI-UNER, son muy bien conceptuadas por los alumnos.

Palabras Claves: Física Mecánica, rodadura, tracción por ruedas, dinámica de vehículos.

1. INTRODUCCIÓN.

La enseñanza de la Física, fundamentalmente en la universidad, entraña la problemática de la motivación de los alumnos que suele pasar por el deseo de estos de entender el funcionamiento de máquinas y/o dispositivos que se presentan cotidianamente ante sus ojos y/o sus manos. Un ejemplo clásico es el interés en comprender el movimiento de los vehículos traccionados por ruedas y la interrelación de las distintas variables que impactan sobre ello: tamaño de las ruedas, aerodinámica del vehículo, torque entregado por el motor y capacidad de aceleración desde el reposo entre otras.

Particularmente, la rodadura es uno de los fenómenos mecánicos que más exigencias intelectuales tiene en alumnos de primer año. Ello debido a que la rodadura convierte el rozamiento en útil para lograr el movimiento de rotación combinado con el de traslación. La fuerza de rozamiento entre la rueda y la superficie sobre la que se mueve no siempre posee un sentido de actuación claro, variando con el tipo de acción (fuerza o momento de torsión) que se aplique a la rueda. De ello depende que una rueda sea motora o conducida.

El objetivo de este trabajo es la comprensión del movimiento de un vehículo traccionado por ruedas como una primera aproximación a los automóviles, comparando dos versiones: 4x2 y 4x4. Ello se realiza a través del planteo de un modelo en ecuaciones del movimiento rectilíneo con aceleración constante, basado en la dinámica de traslación y de rotación, considerando una fuerza de resistencia al avance dependiente del cuadrado de la velocidad y una resistencia a la rodadura. El estudio de la rodadura se realiza asumiendo las ruedas como rígidas y cilíndricas [1].

A partir de la variación de los principales parámetros del vehículo: masa del conjunto, masa y radio de las ruedas, cantidad de ruedas motoras, cantidad de ruedas conducidas, torque impulsor y coeficientes de rozamiento, se analizan las variaciones de los resultados para entender las relaciones cuantitativas que entre ellos surgen y las causas que le dan origen. Los sistemas de ecuaciones del modelo resultan no lineales y requieren un método numérico para su resolución. Tanto el método numérico como su implementación computacional resultan transparentes para los alumnos sin perjuicio del concepto físico que se ejercita o surge del análisis de los resultados.

2. DESARROLLO.

2.1. Análisis de rodadura en una rueda conductora.

Las ruedas son los componentes giratorios que soportan toda la carga y constituyen el único nexo de unión entre el vehículo y el suelo por lo que tienen importante influencia en el comportamiento dinámico del mismo. Las ruedas conductoras son aquellas que están en el eje motriz el cual, acoplado al sistema de tracción, permite dotar de movimiento a los vehículos.

La Figura 1-a muestra las fuerzas que actúan sobre una rueda rígida conductora que avanza hacia la derecha con aceleración constante a lo largo de una superficie horizontal. La fuerza $\boldsymbol{P}$ representa la carga vertical que soporta la rueda incluyendo su propio peso y $\boldsymbol{n}$ es la reacción vertical del camino que coincide en módulo y dirección con $\boldsymbol{P}$ pero tiene sentido contrario de manera que haya un equilibrio de fuerzas en la dirección vertical. El torque, momento o par denominado con la letra $\boldsymbol{\tau}$ es proporcionado por el eje motriz y su efecto es producir que la rueda gire, sin embargo para que se produzca un movimiento de traslación hacia la derecha es necesario que se genere una fuerza de fricción entre rueda y superficie indicada con el símbolo $\boldsymbol{f_{ad}}$ [2]. Cabe destacar que esta fuerza de fricción se genera en la interfase rueda-suelo y su sentido es hacia la derecha (hacia delante) coincidiendo con la dirección de avance de la rueda, como lo demuestra un análisis dinámico de la rodadura sobre una superficie plana. Intuitivamente, si imaginamos la rueda rodando sobre una alfombra en un piso liso, ésta resultaría arrugada hacia atrás, la reacción a este efecto sería una fuerza sobre la rueda apuntando hacia delante. Eso es lo que ocurre con el contacto entre rueda y suelo.

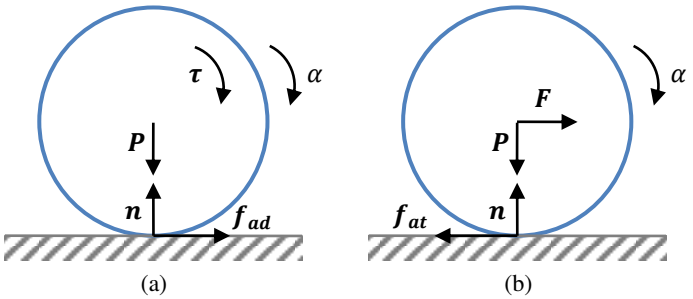


Figura 1: Fuerzas que actúan sobre las ruedas cuando se mueven hacia la derecha.
(a) En una rueda rígida conductora. (b) En una rueda rígida conducida.

2.2. Análisis de rodadura en una rueda conducida

En los vehículos de carretera generalmente no todos los ejes son motrices, es decir que puede haber ejes que no están acoplados al sistema de tracción. Las ruedas conducidas son aquellas que están en ejes no motrices y que ruedan bajo la acción de una fuerza transmitida por la estructura del vehículo que acciona en el centro de la misma, a través del eje y en el sentido del movimiento.

En la Figura 1-b, análogamente a la 1-a, se observan las distintas fuerzas que actúan sobre una rueda rígida conducida que avanza hacia la derecha con aceleración constante a lo largo de una superficie horizontal. El movimiento de traslación de la rueda hacia la derecha es provocado por la fuerza $\boldsymbol{F}$ aplicada en el centro de masa de la misma y su movimiento de rotación se debe a la fuerza de fricción entre rueda y superficie indicada con $\boldsymbol{f_{at}}$ [2]. Un análisis dinámico de esta situación demuestra que el sentido de esta fuerza de fricción $\boldsymbol{f_{at}}$ es contrario a la dirección de movimiento (hacia atrás).

2.3. Resistencia a la rodadura

En ítem 2.2 se consideró cada rueda como un disco rígido, en realidad siempre existe algún tipo de deformación y el contacto de la rueda con la superficie se encuentra desplazado una distancia δ hacia adelante [3] con respecto a la vertical que pasa por el eje de rotación. Como consecuencia se produce un torque que se opone a la rodadura de la rueda llamado resistencia a la rodadura, que se especifica más adelante en el esquema dinámico de cada vehículo.

2.4. Análisis de la fuerza de resistencia que ofrece el aire para movimiento rectilíneo con aceleración constante

El aire impactado por el vehículo genera una fuerza resistiva o fuerza de arrastre que se opone al movimiento del mismo. Esta fuerza de arrastre asociada con la fricción del aire es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad y su módulo está dada por la Ecuación (1), donde V es la rapidez del vehículo si se considera aire calmo, expresada en metros por segundo y K^* es el factor que surge del área transversal de impacto, la densidad del aire y el coeficiente aerodinámico del vehículo. K^* se llamará constante de resistencia por rozamiento con el aire.

$$f_a = K^* V^2 \qquad (1)$$

La Ecuación (1) se cumple en cada instante, es decir que en cada momento la fuerza de oposición al avance provocada por el aire es proporcional al cuadrado de la velocidad. Si dicha fuerza se modelase de esta manera, las ecuaciones resultarían diferenciales y no algebraicas, como las que comprenden y manipulan los alumnos de primer año. Por ello, si el movimiento analizado se produce entre las velocidades V_i y V_f, el módulo de la fuerza $\boldsymbol{f_a}$ se modelará proporcionalmente al promedio de la velocidad al cuadrado, en el intervalo de tiempo en el que se produce la variación. Aplicando el teorema del valor medio para un movimiento con aceleración constante ($V = V_i + a\,\Delta t$), puede demostrarse que dicho promedio es:

$$\tilde{V}^2 = \frac{1}{\Delta t}\int_0^{\Delta t} V^2\, dt = V_i^2 + a\, V_i \Delta t + a^2 \frac{(\Delta t)^2}{3} \qquad (2)$$

Como se verá más adelante, la Ecuación 2 permitirá lograr expresiones algebraicas del movimiento de un vehículo con aceleración constante.

2.5. Modelo con ecuaciones para un vehículo 4x2 con movimiento rectilíneo con aceleración constante

Con respecto al número de ruedas motrices, habitualmente los vehículos se designan por una expresión de dos cifras separadas por el signo "x", donde la primera de ellas indica el número total de ruedas y la segunda indica cuántas de las ruedas son conductoras o motrices. De esta manera un vehículo 4x2 es aquel que tiene cuatro ruedas donde dos de ellas son conductoras.

La Figura 2 muestra un esquema de las fuerzas que actúan sobre la mitad derecha de un vehículo con tracción delantera considerando simetría respecto a un plano longitudinal. El sentido de avance es hacia adelante, el símbolo m corresponde a la masa de cada rueda distribuida en forma de un cilindro macizo con radio R, M hace referencia a la masa de la mitad del vehículo sin incluir las ruedas, el centro de masa se ubica, por simplicidad, en el punto medio entre ambos ejes. Por esta razón las normales $\boldsymbol{n_{ad}}$ y $\boldsymbol{n_{at}}$ tendrán un módulo igual a la mitad del peso de la mitad del auto, más el peso de una de las ruedas ($(M/2+m)\boldsymbol{g}$). El torque $\boldsymbol{\tau}$ en la rueda conductora es proporcionado por el motor del vehículo a través de la caja de transmisión y el sistema de tracción, éste se considera constante para proporcionar un movimiento con aceleración también constante. La fuerza $\boldsymbol{F}$ que se ve en la Figura 1-b, junto con su reacción, forman un par de fuerzas internas para el vehículo completo por lo cual no intervienen en el análisis (ver Figura 2).

Se considera la resistencia a la rodadura debido a la deformabilidad de las ruedas y el suelo, desplazando las reacciones verticales del camino en las ruedas ($\boldsymbol{n_{ad}}$ y $\boldsymbol{n_{at}}$) una distancia δ hacia adelante con respecto a la vertical que pasa por el eje de rotación de dichas ruedas.

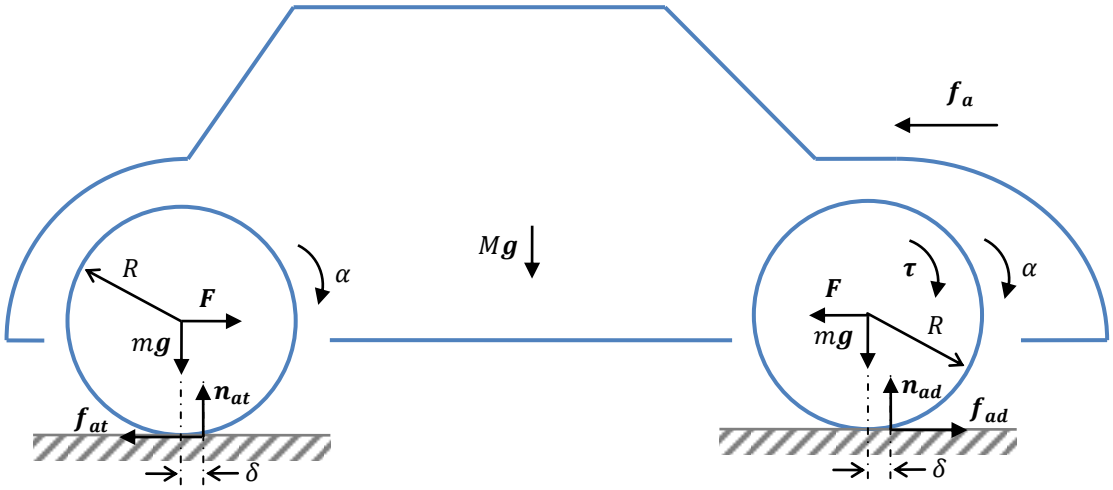


Figura 2: Fuerzas que actúan sobre la mitad derecha de un vehículo traccionado por las ruedas delanteras.

Respecto al análisis del movimiento de traslación, la Ecuación (3) corresponde a la mitad derecha completa del vehículo por lo que están incluidas las dos fuerzas de fricción ($\boldsymbol{f_{ad}}$ y $\boldsymbol{f_{at}}$) y la fuerza de resistencia por el aire. Esta última tiene signo negativo porque se opone al desplazamiento del vehículo, haciéndose notar que $K = K^*/2$ dado que corresponde a la mitad del área transversal del vehículo. La fuerza resultante de las tres fuerzas es proporcional a la aceleración que experimenta la mitad del vehículo.

En cuanto al análisis rotacional las ecuaciones (4) y (5) expresan el torque neto que actúa sobre la rueda de atrás y rueda de adelante respectivamente relacionándolos con el momento de inercia I de las mismas y su aceleración angular α.

Sobre la rueda conducida, Ecuación (4), las fuerzas $\boldsymbol{n_{at}}$ y $\boldsymbol{f_{at}}$ tienden a girarla en sentido antihorario y sentido horario respectivamente generando como resultado el torque neto actuante sobre la misma, que se relaciona con el producto entre el momento de inercia de la rueda y su aceleración angular. Dado que la masa de cada rueda se consideró distribuida en forma de un cilindro macizo, su momento de inercia es $I = mR^2/2$ y la relación entre aceleración angular y aceleración lineal del centro de masa son proporcionales a través del radio de la rueda ($\alpha = a/R$). De forma análoga, sobre la rueda conductora, Ecuación (5), las fuerzas $\boldsymbol{n_{ad}}$ y $\boldsymbol{f_{ad}}$ tienden a girarla en sentido antihorario mientras que el par motor $\boldsymbol{\tau}$ favorece el giro en sentido horario.

Por último, la Ecuación (6) presenta la relación lineal que debe existir entre la velocidad final en el intervalo de tiempo en que se produce el movimiento y la aceleración, como se ha dicho, supuesta constante.

$$\boldsymbol{f_{ad}} - \boldsymbol{f_{at}} - K\left[V_i^2 + a\,V_i\Delta t + a^2\frac{(\Delta t)^2}{3}\right] = (M + 2m)a \tag{3}$$

$$-\boldsymbol{f_{at}}R + \left(\frac{M}{2} + m\right)\boldsymbol{g}R\frac{\delta}{R} = -\frac{1}{2}mRa \tag{4}$$

$$-\boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{f_{ad}}R + \left(\frac{M}{2} + m\right)\boldsymbol{g}R\frac{\delta}{R} = -\frac{1}{2}mRa \tag{5}$$

$$V_f = V_i + a\,\Delta t \tag{6}$$

Las ecuaciones (3)-(6) constituyen el sistema de ecuaciones que modelan el comportamiento mecánico del vehículo 4x2, donde a δ/R se la ha denominado *relación de rodadura*.

2.5. Modelo con ecuaciones para un vehículo 4x4 con movimiento rectilíneo con aceleración constante

Así como en el punto anterior se describió el modelo de un vehículo 4x2 a continuación se hará lo propio con un vehículo 4x4, aquel que tiene cuatro ruedas y todas ellas conductoras. Cabe destacar que gran parte de las consideraciones realizadas para un vehículo 4x2 son válidas para uno 4x4 por lo que no será necesario repetirlas. Así mismo se adoptan definiciones orientadas a la compatibilidad entre los modelos para luego poder comparar los resultados.

La Figura 3 muestra un esquema de las fuerzas que actúan sobre la mitad derecha de un vehículo con tracción en las cuatro ruedas considerando simetría respecto a un plano longitudinal, y cuyo sentido de avance es hacia adelante. Para conservar la equivalencia entre los modelos, el torque aplicado sobre cada rueda por el motor del vehículo se define como. $\boldsymbol{\tau}/2$, y se considera constante para proporcionar un movimiento con aceleración también constante. Así mismo la fuerza impulsora total ($\boldsymbol{f_{ad}}$) resulta de la combinación de las dos fuerzas de fricción ubicadas en la interfaz rueda-camino.

La Ecuación (7), análoga a la Ecuación (3), representa el análisis dinámico del movimiento de traslación de la mitad derecha completa del vehículo donde están incluidas la fuerza de resistencia por el aire y la fuerza resultante de las fuerzas de fricción ($\boldsymbol{f_{ad}}$). La fuerza neta es proporcional a la aceleración que experimenta la mitad del vehículo.

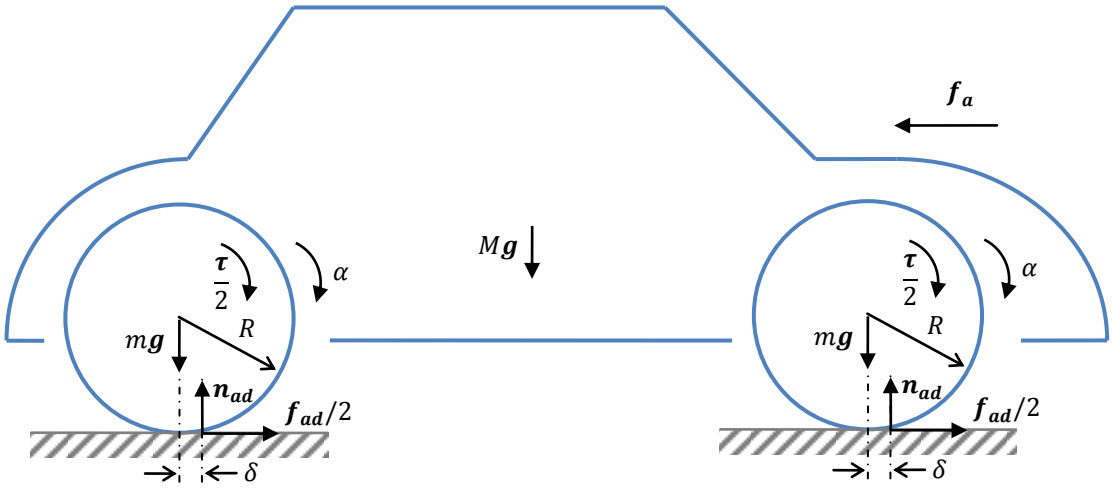


Figura 3: Fuerzas que actúan sobre la mitad derecha de un vehículo con tracción en las cuatro ruedas.

En cuanto al análisis rotacional ambas ruedas se describen por la Ecuación (8) donde el aporte del torque motor y de la fuerza impulsora se reduce a la mitad respecto al modelo de vehículo 4x2 (ver Ecuación (5)). La razón de esta reducción es que se ha duplicado la cantidad de ruedas conductoras mientras que se mantiene el mismo aporte de potencia del motor. Las fuerzas $\boldsymbol{n_{ad}}$ y $\boldsymbol{f_{ad}}/2$ tienden a girar las ruedas en sentido antihorario mientras que el par motor $\boldsymbol{\tau}/2$ favorece el giro en sentido horario. El torque neto actuante sobre la misma se relaciona con el producto entre el momento de inercia de la rueda I y su aceleración angular α.

Por último, la Ecuación (9) es igual a la Ecuación (6).

$$\boldsymbol{f_{ad}} - K\left[V_i^2 + a\,V_i\Delta t + a^2\frac{(\Delta t)^2}{3}\right] = (M+2m)a \tag{7}$$

$$-\frac{\boldsymbol{\tau}}{2} + \frac{\boldsymbol{f_{ad}}}{2}R + \left(\frac{M}{2}+m\right)\boldsymbol{g}R\frac{\delta}{R} = -\frac{1}{2}mRa \tag{8}$$

$$V_f = V_i + a\,\Delta t \tag{9}$$

Las ecuaciones (7)-(9) constituyen el sistema de ecuaciones que modelan el comportamiento mecánico del vehículo 4x4.

2.6. Metodología de resolución

Ambos vehículos son modelados por sistemas de ecuaciones no lineales con respecto a la velocidad inicial, la aceleración y el lapso de tiempo debido a la expresión del promedio del cuadrado de la velocidad (ver Ecuación (2)) insertada en las Ecuaciones (3) y (7). Por ello, la resolución de cada sistema de ecuaciones para un conjunto de datos donde la aceleración, el lapso de tiempo, la fuerza resistente $\boldsymbol{f_{at}}$ (sólo en el vehículo 4x2) y la fuerza impulsora $\boldsymbol{f_{ad}}$ son las incógnitas a resolver, requiere un método numérico como el que se describe a continuación.

Para la resolución de cada sistema (Ecuaciones (3) a (6) y Ecuaciones (7) a (9)) se eligió el método de Newton, un algoritmo robusto y de rápida convergencia cuando la inicialización de las variables es buena [4]. La implementación del mismo se realiza de acuerdo a los siguientes pasos:

- Generación de residuos (vector R) de las ecuaciones del sistema,
- Generación de la matriz jacobiana (matriz J), cuyos elementos surgen de las derivadas de los residuos respecto a las variables tomadas como incógnitas (vector v), es decir respecto a a, $\boldsymbol{f_{ad}}$, $\boldsymbol{f_{at}}$ y Δt, o respecto a a, $\boldsymbol{f_{ad}}$ y Δt.

- Solución iterativa hasta alcanzar la convergencia del sistema de ecuaciones, dado en forma compacta por: $-\bar{R}^n = \bar{\bar{J}}^n(\bar{v}^{n+1} - \bar{v}^n)$, donde n representa el número de iteración.

Implementado el método en un programa computacional escrito en *Python*, basado en el original escrito en *FORTRAN* [1], permitió obtener resultados siguiendo un proceso de continuación paramétrica de algunos de los datos. Obviamente que el método como su implementación computacional es transparente al alumno de primer año que sólo ve como, un software construido al efecto, resuelve las ecuaciones de modelos elaborados para vehículos traccionados por ruedas y moviéndose con aceleración constante.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados que se presentan han sido obtenidos para un conjunto de parámetros representativos de vehículos estándares. Dicho conjunto de parámetros ha sido tomado como caso base sobre el cual se han variado algunos, aumentándolos y disminuyéndolos. Además, para cada variante analizada se efectuó a su vez la variación paramétrica del torque aplicado a la rueda entre $100\ Nm$ y $1.000\ Nm$.

Para comparar el comportamiento de ambos vehículos bajo los mismos parámetros se presentan simultáneamente los resultados. Además, se ha hecho una selección de resultados para la variación de los siguientes parámetros: el radio de la rueda, la constante de resistencia aerodinámica, la relación de rodadura y la masa del vehículo. El primero se relaciona con el confort de marcha y la capacidad de tracción, el segundo se relaciona con la mayor o menor aptitud aerodinámica del vehículo, el tercero con el inflado de los neumáticos o la deformabilidad del suelo y él último con el porte del vehículo. Los valores de los parámetros tomados como base son: $M = 500\ kg$, $m = 20\ kg$, $R = 0{,}25\ m$, $K = 0{,}5\ kg/m$, $\delta/R = 0{,}02$, $V_i = 0\ m/s$, $V_f = 27{,}778\ m/s\ (100\ km/h)$, $g = 9{,}81\ m/s^2$.

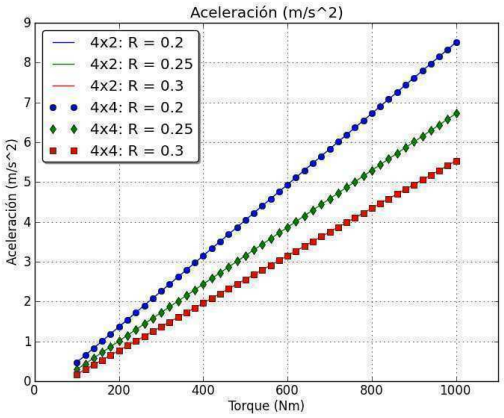
Cabe aclarar que cada punto de las gráficas corresponde a un proceso de aceleración de V_i a V_f con el correspondiente torque aplicado constantemente. Cierto es que en general una prueba de este tipo no se realiza a torque constante sino aproximadamente a potencia constante; en este caso como la velocidad de las ruedas va aumentando, el torque en las mismas se va reduciendo ya que $Potencia = \boldsymbol{\tau} V/R$. En esta situación, la descripción matemática de la dinámica del vehículo estaría dada por un sistema de ecuaciones diferenciales.

3.1 Influencia del radio de la rueda: confort de marcha

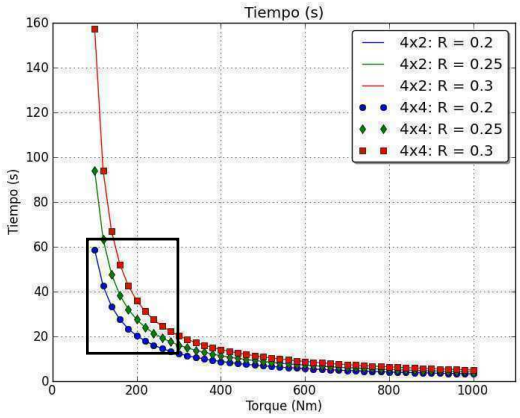
La Figura 4-a muestra la aceleración de ambos vehículos (4x2 con líneas, 4x4 con íconos) para tres tamaños de ruedas en función del torque aplicado a las ruedas motoras. La relación lineal entre ambas variables tiene que ver con que la aceleración y el torque están vinculados de forma proporcional en las Ecuaciones (5) y (8) respectivamente y esa proporción depende del radio de la rueda, por ello la distinta pendiente de las rectas.

La Figura 4-a muestra que para ruedas más grandes se tienen menores aceleraciones para igualdad de torque aplicado. Esto tiene que ver con que ruedas de mayor tamaño poseen mayores momentos de inercia y por lo tanto una mayor proporción del torque es necesario para acelerarlas angularmente. Ello justifica que los vehículos de alta gama que entre otras características poseen rodados grandes, vienen equipados con motores más potentes y a su vez con ruedas alivianadas para paliar el aumento del momento de inercia. Para acelerar más entre dos velocidades, las ruedas deben ser lo más pequeñas posible tanto en masa como en tamaño.

La Figura 4-b muestra la funcionalidad no lineal del tiempo de aceleración respecto al torque y el radio de la rueda. En concordancia con lo discutido para la Figura 4-a, a iguales torques, las ruedas más pequeñas posibilitarán tiempos menores para acelerar de 0 a $100\ km/h$. Se destaca que estos resultados son coincidentes debido a que la fuerza neta impulsora es la misma en los dos modelos de tracción comparados (ver Ecuación 10). Sobre la Figura 4-b se señala una zona donde podrían ubicarse los vehículos con motores pequeños que, como se ve, pueden mejorar su performance con ruedas todo lo pequeñas que se pueda; un ejemplo característico es el de los vehículos denominados "karts".



(a)



(b)

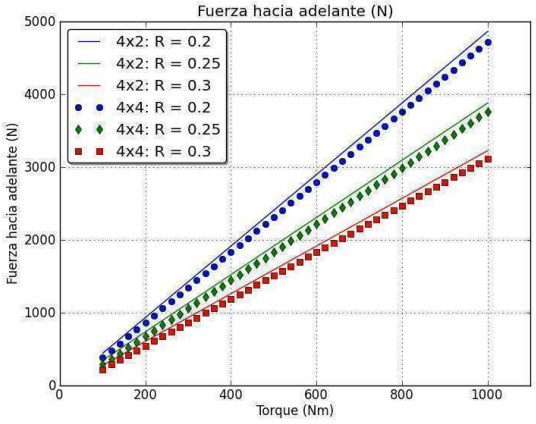
Figura 4: (a) Influencias del torque y el radio de las ruedas (en m) en la aceleración constante entre 0 y 100 km/h. (b) Influencias del torque y el radio de las ruedas sobre el tiempo de aceleración entre 0 y 100 km/h.

3.2 Capacidad de tracción: 4x2 vs 4x4

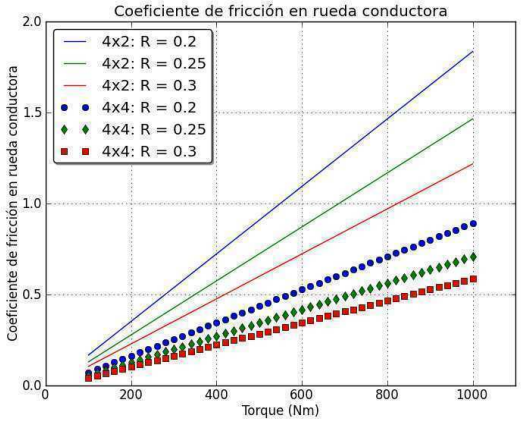
En la Figura 5-a se evidencia que la fuerza de tracción sigue una variación proporcional a la del torque y que a menor tamaño de la rueda mayor es la fuerza de tracción. Sin embargo las pendientes correspondientes a las mismas condiciones para el vehículo 4x2 y 4x4 son levemente distintas. Esta diferencia entre las fuerzas de tracción se debe a que los vehículos 4x2, además de vencer la fuerza de arrastre por rozamiento con el aire, deben compensar las fuerzas para hacer rotar las ruedas conducidas. La comparación de las Ecuaciones (3) y (7) sustenta la anterior afirmación, donde los términos correspondientes a la fuerza de resistencia aerodinámica y a la aceleración se cancelan:

$$(\boldsymbol{f_{ad}} - \boldsymbol{f_{at}})_{4x2} = (\boldsymbol{f_{ad}})_{4x4} \tag{10}$$

Aunque sólo se describe en esta sección, la Ecuación (10) es válida siempre que los parámetros del modelo de vehículo 4x2 y 4x4 sean los mismos.



(a)



(b)

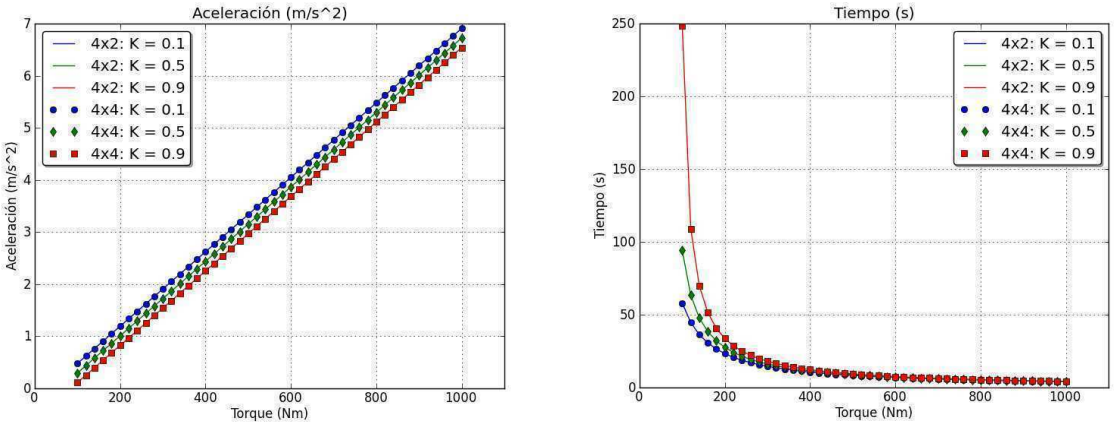
Figura 5: (a) Influencias del torque y el radio de las ruedas (en m) en la fuerza de tracción. (b) Influencias del torque y el radio de las ruedas sobre el coeficiente de fricción en ruedas conductoras.

A partir de las fuerzas de fricción en cada rueda conductora se puede obtener el coeficiente de fricción necesario para asegurar la impulsión del vehículo. En la figura 5-b se representan estos coeficientes de fricción con líneas y con íconos, para el vehículo 4x2 ($\boldsymbol{f_{ad}}/\boldsymbol{n_{ad}}$) y para el vehículo 4x4

$((\boldsymbol{f_{ad}}/2)/\boldsymbol{n_{ad}})$ respectivamente. Ahora bien, considerando que el máximo coeficiente de fricción estático posible en la interfaz entre neumático y pavimento es $0{,}7$[1] en condición seca [3], se puede decir que no todos los coeficientes de fricción son alcanzables. En otras palabras, la validez de los resultados numéricos obtenidos limita físicamente el torque que se puede aplicar a las ruedas, antes de que los neumáticos patinen. En el caso del vehículo 4x2 el valor máximo de torque posible es aproximadamente la mitad que en el vehículo 4x4 (ver Figura 5-b), esto es así porque en el primero la fuerza de tracción se distribuye entre dos ruedas mientras que en el segundo la fuerza de tracción se reparte entre las cuatro. De aquí que los vehículos 4x4 sean idóneos para tareas que requieran tirar o empujar cargas en la dirección del movimiento del vehículo.

3.3 Influencia de la constante de resistencia: aerodinámica

En las Figuras 6-a y 6-b se muestran las relaciones que existen entre la aceleración constante entre 0 y $100\ km/h$, el torque y el valor de la constante de resistencia. Los resultados son análogos a los del ítem 3.1, en el sentido de que para mayores valores de K, es decir vehículos menos aerodinámicos o con mayor área de impacto, a igualdad de torque van a lograr menores aceleraciones y por ende mayores tiempos para llegar de 0 a $100\ km/h$. Existe una diferencia entre la Figura 6-a y la 4-a que es que las rectas poseen la misma pendiente; esto puede justificarse desde las Ecuaciones (5) y (8) donde se ve que la proporcionalidad entre el torque y la aceleración no cambia por el hecho de variar K. Obsérvese también que para valores elevados de K hay torques bajos para los cuales el tiempo de aceleración de 0 a $100\ km/h$ aumenta considerablemente (ver Figura 6-b). Esto se debe que a bajos torques la fuerza neta de tracción supera por muy poco a la fuerza de resistencia ocasionada por el rozamiento con el aire.



(a) (b)

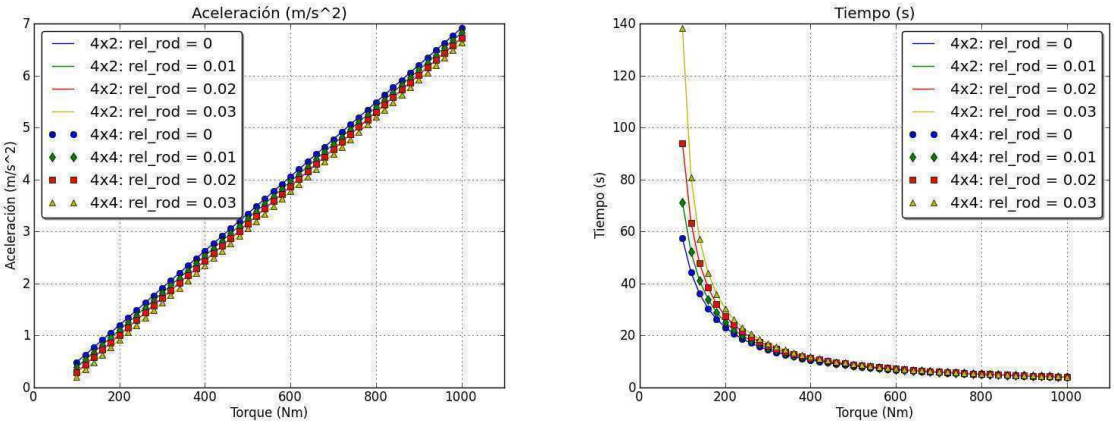
Figura 6: (a) Influencias del torque y la constante de resistencia (kg/m) sobre la aceleración entre 0 y 100 km/h, b) Influencias del torque y la constante de resistencia en el tiempo de aceleración de 0 a 100 km/h

3.4 Influencia de la relación de rodadura: presión de inflado de neumáticos

En este caso las observaciones a partir de las figuras 7-a y 7-b son análogas a las del ítem 3.3 ya que la relación de rodadura actúa similarmente a K, es decir generando oposición al movimiento. En igualdad de torques se obtienen mayores aceleraciones cuando la relación de rodadura es menor, esto es cuando el neumático o el suelo se manifiestan menos deformables en los vehículos reales. Es sabido que con neumáticos más inflados el consumo de combustible se reduce o bien es posible una mayor respuesta en aceleración (en realidad esto sería válido para bajos torques ya que si estos son elevados las ruedas tenderían a patinar).

[1] Bajo óptimas condiciones los neumáticos lisos utilizados en vehículos de competición pueden alcanzar un coeficiente cercano a la unidad.

Por último, la resistencia a la rodadura también puede involucrar los torques resistivos por fricción en los ejes de las ruedas.

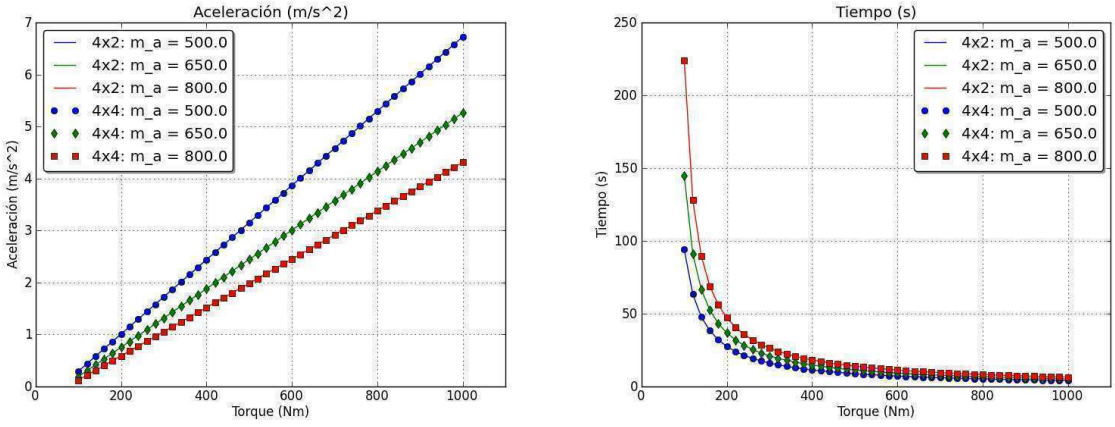


(a) (b)

Figura 7: a) Influencias del torque y la relación de rodadura sobre la aceleración entre 0 y 100 km/h, b) Influencias del torque y la relación de rodadura en el tiempo de aceleración entre 0 y 100 km/h

3.5 Influencia de la masa del auto: capacidad de carga.

En las figuras 8-a y 8-b se observan resultados similares a los del ítem 3.1 dado que la masa del vehículo influencia de forma similar al radio de la rueda. Cuanto menor sea la masa, a igual torque, mayor será la aceleración y por tanto menos tiempo se demora en alcanzar los $100\ k/m$. Este es un hecho que cualquier persona que maneje puede notar, cuanto más cargado este el vehículo mayor es la exigencia que debe realizar al motor para obtener el mismo comportamiento que cuando transita sin carga.



(a) (b)

Figura 8: a) Influencias del torque y la masa del vehículo sobre la aceleración entre 0 y 100 km/h, b) Influencias del torque y la masa del auto en el tiempo de aceleración entre 0 y 100 km/h

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado un modelo dinámico de un vehículo traccionado por dos ruedas y otro por sus cuatro ruedas, basado en la dinámica de la partícula y de los cuerpos sólidos rígidos para un movimiento rectilíneo con aceleración constante, para su utilización como elemento didáctico en clases de Física Mecánica de primer año para ingeniería. Los modelos capturan las principales características mecánicas del movimiento y reproducen relaciones que son conocidas en la conducción automotriz.

Los resultados que se presentaron muestran la influencia del tamaño de las ruedas, la aerodinámica, la resistencia a la rodadura, la masa del vehículo y el torque impulsor, sobre la aceleración y el tiempo de aceleración desde cero a $100\ km/h$ para dos vehículos de cuatro ruedas, con tracción en dos (4x2) y cuatro ruedas (4x4). Las ventajas que se que desde el punto de vista mecánico dan ruedas pequeñas, de masa despreciable, bien infladas sobre suelos rígidos, sumado a los buenos perfiles aerodinámicos, quedaron cualitativamente de manifiesto.

El análisis de las fuerzas de tracción y coeficientes de fricción en ruedas conductoras permitió establecer los límites físicos del modelo y a la vez fundamentar la razón de utilizar vehículos 4x4 para tirar o arrastrar un objeto pesado o anclado (como podría ser un vehículo dañado o atascado en un camino de tierra, o un *tráiler*), así como circular en caminos desfavorables –resbaladizos– donde el coeficiente de fricción es muy bajo.

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de una aplicación web accesible desde cualquier navegador que permita establecer arbitrariamente los parámetros del vehículo (dentro de un rango predeterminado), que resuelva el modelo y que comunique los resultados por medio de tablas y/o gráficas, con la condición de que el usuario interactúe de forma transparente al método de resolución. En este sentido es preciso establecer una solución de compromiso entre la libre variación de los parámetros y la convergencia de los resultados por medio de la determinación astuta de los valores iniciales del método de resolución numérica.

En trabajos futuros puede generalizarse el modelo a otros tipos de vehículos como los 6x2 ó 6x4 como también expresar los resultados en términos de variables y números adimensionales. Asimismo, podrían intentarse modelos de movimientos sobre una curva con rapidez constante entre otros, basados en la mecánica introductoria.

5. REFERENCIAS.

[1] Di Paolo, José; Romagnoli, Javier O. (2008). “Modelo basado en mecánica introductoria de un vehículo traccionado por ruedas”. *Anales del congreso I CAIM*. Bahía Blanca, Argentina.
[2] Serway, Raymond (1998). *Física, Tomo I*. Mc Graw-Hill, México.
[3] Cascajosa, Manuel (2005). *Ingeniería de vehículos*. Ed. Alfaomega, México.
[4] Burden Richard L. y Faires J. Douglas (2002), *Análisis Numérico*, Thomson, 7º edición, México.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

LAS SIMULACIONES COMO HERRAMIENTA DE ENSEÑANZA DE LA DERIVADA DE FUNCIONES DE UNA VARIABLE.

Abdel Masih, Samira[1], Monferrato, Marcelo[2]

Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Tecnología Informática.
Av. San Juan 951. Buenos Aires. Argentina.
[1]E-mail: abdel.masih@hotmail.com
[2] E-mail: mmonferrato@yahoo.com.ar

RESUMEN

La idea central del Cálculo Diferencial es la noción de derivada. Al igual que la integral, la derivada surgió por un problema de geometría: el problema de hallar la recta tangente en un punto a una curva. Sin embargo, a diferencia de la integral, la derivada aparece muy tarde en la historia de las Matemáticas. Este concepto no se formuló hasta el siglo XVIII, cuando el matemático francés Pierre Fermat (1601-1665) trató de determinar los máximos y mínimos de ciertas funciones.
Aunque la derivada se introdujo inicialmente para el estudio del problema de la tangente, pronto se vio que proporcionaba también un valioso instrumento para el cálculo de velocidades y, en general, para el estudio de la variación de una función. Así, esta noción pasó a estar presente en todas las ramas de la ciencia.
En la actualidad, la tecnología informática ofrece una poderosa herramienta para el proceso de enseñanza- aprendizaje: el uso de simulaciones.
El presente trabajo desarrolla el concepto de derivada de funciones de una variable mediante los potentes pero sencillos recursos de simulación que brinda el software Wolfram Mathematica.
Además, se mostrarán ejemplos de aplicación provenientes de la Mecánica que, para su resolución, conducirán al cálculo de derivadas. Luego se ilustrará cómo efectuar las simulaciones de los mencionados ejemplos.
Este nuevo enfoque pedagógico ayudará al estudiante de ingeniería a comprender más fácilmente este concepto, aprovechando los recursos que brindan las computadoras en nuestros días.

Palabras Claves: Funciones de una variable – Simulaciones- Aplicaciones de la derivada.

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

La noción de derivada fue originada por dos problemas aparentemente no relacionados: cómo trazar una recta tangente a una curva y cómo calcular la velocidad de un cuerpo en movimiento. Estas cuestiones tienen sus orígenes en la antigua Grecia, pero fueron Isaac Newton (1643-1727) y Gottfried Leibniz (1646-1716) quienes descubrieron un método general para hallar la tangente a una curva de ecuación dada. Posteriormente, Isaac Newton descubrió la estrecha relación existente entre el cálculo de tangentes con el cálculo de velocidades, hecho que dio origen a la base del Cálculo Infinitesimal. En este trabajo comenzaremos abordando ambos problemas, utilizando las simulaciones como recurso didáctico. Luego se mostrarán ejemplos de aplicación que, para su resolución, conducirán al cálculo de derivadas. Finalmente se ilustrará, en cada ejemplo, cómo efectuar las correspondientes simulaciones.

2. ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

2.1. El problema de la tangente a una curva plana.

La palabra tangente proviene de la palabra latina *tangens,* que significa "tocar". De este modo, una recta tangente es una recta que "toca a la curva" y que se parece a ella en las proximidades del punto donde la toca. Para una circunferencia, podríamos seguir la idea de Euclides (330 a.C.- 275 a.C.) y afirmar que una tangente es una recta que interseca dicha circunferencia sólo una vez (Figura 1 a).Este concepto puede aplicarse también a las elipses. Sin embargo, para otras curvas, la definición de Euclides es inadecuada. Si observamos la Figura 1 b), las rectas **r** y **s** pasan por un punto **P** de una curva **C**. La recta **r** toca a **C** sólo una vez, pero resulta evidente que no se parece a lo que consideramos una tangente. Por otra parte, la recta **s** se parece a una tangente, pero toca a **C** dos veces.

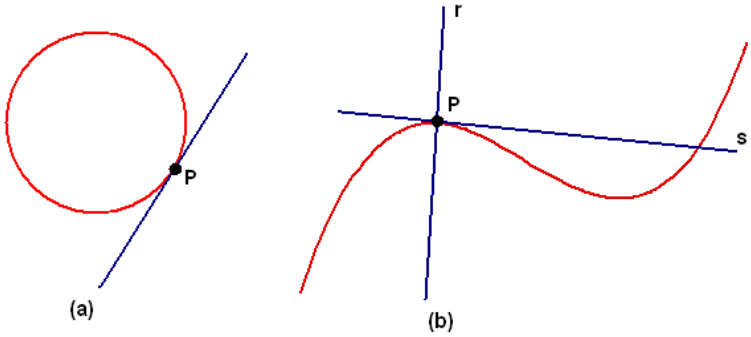


Figura 1 *Ejemplo de rectas que "tocan" a una curva.*

Leibniz, en su primer trabajo sobre el Cálculo (1684) describió la recta tangente a la gráfica de una función de una variable del siguiente modo:

Dada una función continua y= f(x) y P = $(x_0, f(x_0))$ un punto de su gráfica, podremos hallar la ecuación de la recta tangente a la gráfica de la función en el punto P, tan pronto conozcamos su pendiente ***m***. Para ello, calcularemos una aproximación para ***m*** eligiendo un punto cercano a P, por ejemplo, el punto Q = $(x_0+h, f(x_0+h))$, donde h es un número pequeño. De este modo, la pendiente m_{PQ} de la recta secante que une P con Q sería una primera aproximación de ***m***. Es decir,

$$m_{PQ} = \frac{f(x_0+h)-f(x_0)}{x_0+h-x_0} = \frac{f(x_0+h)-f(x_0)}{h}$$

Mientras más cerca está Q de P, más se parecerá m_{PQ} a ***m***. Diremos entonces que la pendiente de la recta tangente es el límite de las pendientes de las rectas secantes. Simbólicamente expresamos esto al escribir

$$m = \lim_{Q \to P} m_{PQ}$$

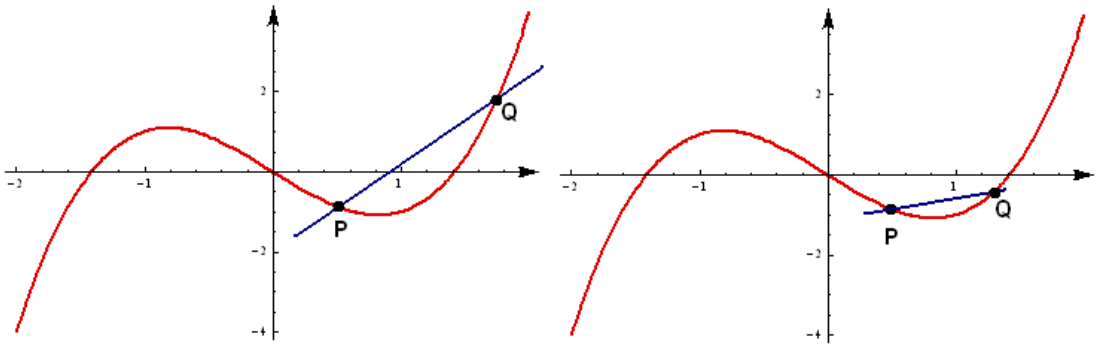


Figura 2 *Rectas secantes que unen P con Q.*

Pero que Q se acerque a P significa que h tiende a 0. En consecuencia,

$$m = \lim_{h \to 0} \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h}$$

Leibniz llamó a este límite "la derivada de la función f en x_0", y la designó por:

$$\frac{d f}{d x}(x_0)$$

Como Newton había llegado al mismo resultado unos años antes, aunque con un enfoque distinto, se suscitó una gran controversia, ya que ambos se adjudicaron la autoría de este descubrimiento que dio origen al desarrollo del Cálculo Infinitesimal.

2.1.1 Simulación del problema de la recta tangente.

En la siguiente simulación, diseñada mediante el software Wolfram Mathematica, se puede comprobar cómo la pendiente de la recta secante se aproxima a la pendiente de la recta tangente. La Figura 3 muestra el correspondiente código fuente.

```
Interpretation[{f = 0, min = 0, max = 0, rxmin = -3, rxmax = 3, rymin = -3, rymax = 3},
 Panel[Grid[{{Style["Ingrese la expresión de la función", Bold], SpanFromLeft}, {"f(x)=", InputField[Dynamic[f]]},
    {Style["Ingrese el intervalo donde graficar", Bold], SpanFromLeft},
    {"Extremo izquierdo del intervalo:", InputField[Dynamic[min]]}, {"Extremo derecho del intervalo:", InputField[Dynamic[max]]},
    {Style["Rango de los ejes", Bold], SpanFromLeft}, {"Rango minimo del Eje x:", InputField[Dynamic[rxmin]]},
    {"Rango máximo del Eje x:", InputField[Dynamic[rxmax]]}, {"Rango minimo del Eje y:", InputField[Dynamic[rymin]]},
    {"Rango máximo del Eje y:", InputField[Dynamic[rymax]]}}]],
 Manipulate[Grafica = Plot[f, {x, min, max}, PlotStyle → {RGBColor[0.701961, 0, 0], Thickness[0.005]}];
  Secante = Plot[(f /. {x -> x0}) + ((f /. {x -> (x0 + h)}) - (f /. {x -> x0}))/h (t - x0), {t, x0 - 0.5, x0 + 1}, PlotStyle → {Thickness[0.004]}];
  Derivada = D[f, x] /. {x → x0};
  P = Graphics[{PointSize[Large], Point[{x0, f /. {x -> x0}}]}, Text[Style["P", GrayLevel[0], Bold], {x0, (f /. {x → x0}) + 0.5}]}];
  Q = Graphics[{PointSize[Large], Point[{x0 + h, f /. {x -> (x0 + h)}}]},
     Text[Style["Q", GrayLevel[0], Bold], {x0 + h, (f /. {x → (x0 + h)}) + 0.5}]}]; Pendiente = ((f /. {x -> (x0 + h)}) - (f /. {x -> x0}))/h;
  Show[Grafica, Secante, P, Q, Axes → True, AxesOrigin → {0, 0}, AxesLabel → {"x", "y"}, AxesStyle → Arrowheads[0.04],
   PlotRange → {{rxmin, rxmax}, {rymin, rymax}}, ImageSize → {450, 400}],
  Panel["Interpretación geométrica de la derivada de la función f en x0" ], Delimiter, {{x0, min, "Valor de x0"}, min, max},
  Delimiter, {h, 1, 0.000001}, Delimiter, {Pendiente }, Delimiter, {Derivada },
  Panel["Referencias:    P= (x0,f(x0))       Q= (x0+h,f(x0+h))" ], ControlPlacement -> Left]]
```

Figura 3 *Código fuente de la simulación del problema de la recta tangente.*

Como se observa en la Figura 4, a través de un cuadro de diálogo se puede ingresar la expresión de la función y el intervalo donde se la desea graficar.

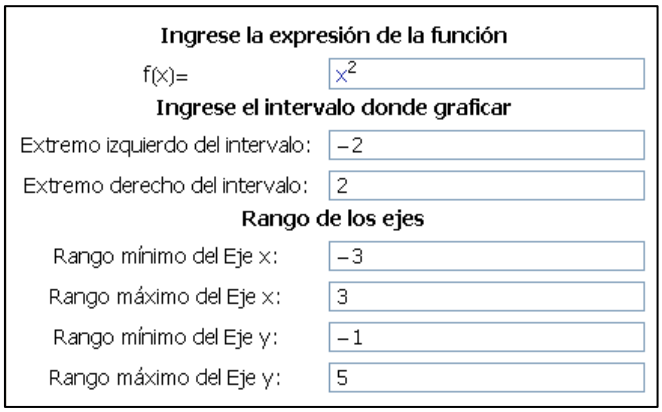


Figura 4 *Ingreso dinámico de datos mediante un cuadro de diálogo.*

La Figura 5 muestra cómo, haciendo uso de los controladores, para cualquier punto P de la gráfica, la recta tangente en dicho punto es el límite de las rectas secantes.

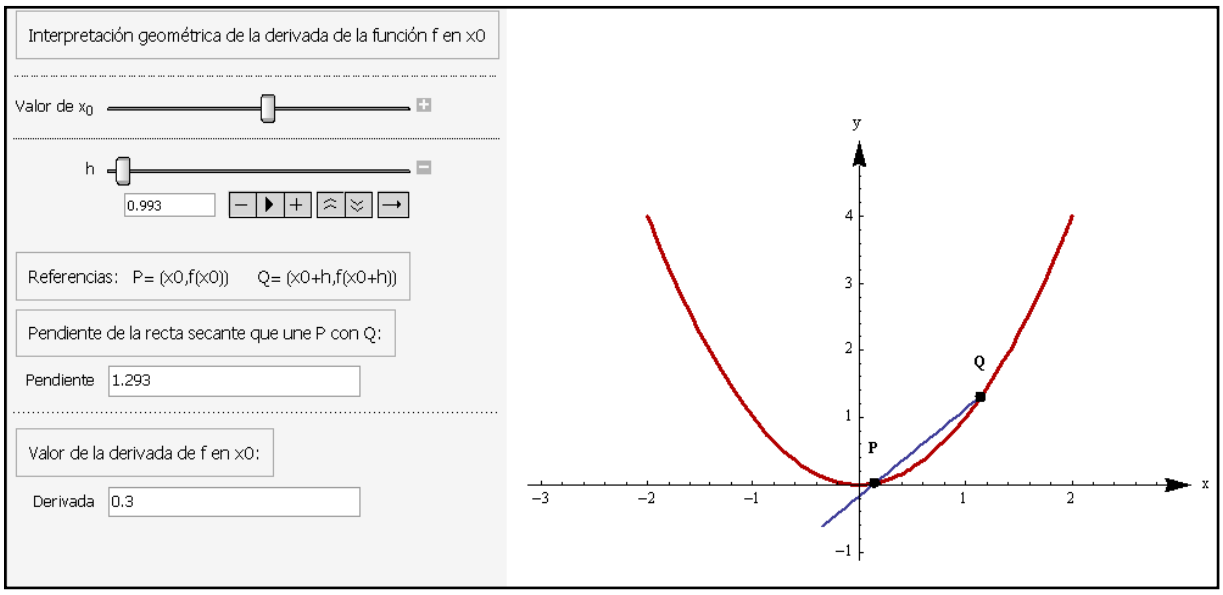


Figura 5 *Simulación de la recta tangente a la gráfica de una función en cualquier punto P de su gráfica.*

2.2. El problema de la velocidad.

Al observar el velocímetro de un coche en movimiento, comprobamos que la aguja no permanece inmóvil y que, a través de su lectura, podemos averiguar el valor de la velocidad en cada instante. Pero ¿cómo se define la "velocidad instantánea"? Para responder a esta pregunta, Newton estudió el movimiento de un proyectil que es lanzado verticalmente desde el suelo a una velocidad de v_0 m/seg. Para ello aplicó las experiencias físicas descubiertas por Galileo Galilei (1564 – 1642) que indicaban que, si se desprecia la fuerza de rozamiento del aire, la altura o posición del proyectil en cualquier instante t viene dada por la fórmula

$$f(t) = v_0\, t - 4.9\, t^2 \qquad (1)$$

Para determinar la velocidad del proyectil en un instante t_0 de su movimiento, introdujo la noción de velocidad media durante un intervalo de tiempo, desde $t = t_0$ hasta $t = t_0 + h$, donde h representa un valor de tiempo. De este modo, la velocidad media desde el instante t_0 al $t_0 + h$ la definió como el siguiente cociente:

$$\frac{\text{variación de la posición en el intervalo de tiempo}}{\text{longitud del intervalo de tiempo}} = \frac{f(t_0+h)-f(t_0)}{t_0+h-t_0} = \frac{f(t_0+h)-f(t_0)}{h} =$$

$$= \frac{v_0(t_0+h)-4.9\,(t_0+h)^2-(v_0\,t_0-4.9\,t_0^2)}{h} = v_0-9.8\,t_0-4.9\,h$$

Al dibujar la gráfica de la función posición del proyectil y considerar los puntos $P = (t_0, f(t_0))$ y $Q = (t_0+h, f(t_0+h))$, pudo comprobar que la velocidad media es la pendiente de la recta secante que une P con Q.

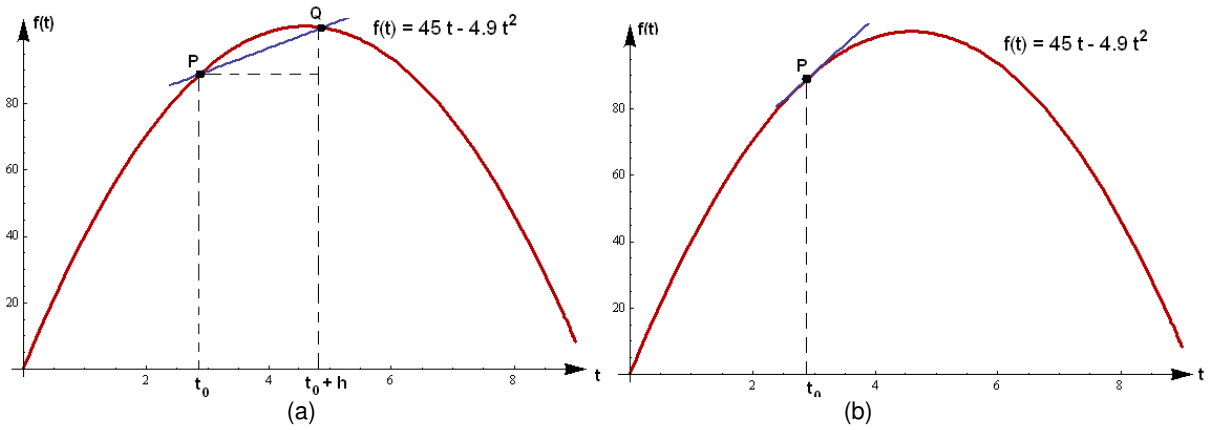


Figura 6 *Gráfico de la función posición, considerando $v_0 = 45$. El mismo no representa un tiro oblicuo sino las posiciones de la altura del proyectil a medida que transcurre el tiempo.*
(a) La velocidad media en el período $[t_0, t_0+ h]$ *es la pendiente de la recta secante que une P con Q.*
(b) La velocidad instantánea en t_0 es la pendiente de la recta tangente a la gráfica de f en P.

Tomando valores de h cada vez más pequeños, esta velocidad media se acercará más y más al valor $v_0 - 9.8\,t_0$. Newton describió este hecho diciendo que la velocidad media tiende al límite $v_0 - 9.8\,t_0$ cuando h tiende a 0. Le pareció natural entonces llamar al valor de este límite como la "velocidad instantánea" en el instante t_0. Designando a dicha velocidad por v(t), definió

$$v(t_0) = \lim_{h\to 0} \frac{f(t_0+h)-f(t_0)}{h}$$

De este modo, la velocidad instantánea en el tiempo $t = t_0$ representa la pendiente de la recta tangente a la gráfica de la función posición en el punto $P = (t_0, f(t_0))$.
Así, Newton llegó a la conclusión de que la velocidad instantánea en el momento $t = t_0$ es la derivada de la función posición del proyectil, valuada en dicho instante de tiempo.
La expresión obtenida de la velocidad para el caso de un objeto lanzado verticalmente, adquirió un sentido más amplio y permitió definir la velocidad para cualquier cuerpo que se mueve a lo largo de una recta, siempre y cuando se conozca su función posición f.

2.2.1 Simulación del problema de la velocidad.

La siguiente simulación comprueba los resultados teóricos y experimentales obtenidos por Newton, Allí se muestra la trayectoria que sigue el proyectil, la gráfica de su función posición y su velocidad, a partir del instante en que es lanzado con una velocidad inicial v_0, hasta que cae al piso. En la Figura 7 se expone su código fuente.

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

```
canon = ;

Manipulate[
 Grid[
  {{Show[Graphics[Inset[canon, {-15, -11}, Center, {40, 40}]],
     Graphics[{RGBColor[0.458824, 0, 0.917647], Disk[{0, v0 t - 4.9 t^2}, 2.5]}], Axes → True,
     PlotRange → {{-50, 140}, {-30, 150}}, ImageSize → {220, 220}],
    Plot[Which[u ≤ t, v0 u - 4.9 u^2], {u, 0, 2 v0 / 9.8},
     PlotStyle → {RGBColor[0.501961, 0, 1], Thickness[0.01]}, AxesLabel → {"t", "f(t)"},
     PlotLabel → "Gráfico de la función Posición", PlotRange → {{0, 11}, {0, 150}}]},
   {Plot[Which[u ≤ t, v0 - 9.8 u], {u, 0, 2 v0 / 9.8}, PlotLabel → "Gráfico de la velocidad",
     AxesLabel → {"t", "v(t)"}, PlotStyle → {RGBColor[0.807843, 0, 0], Thickness[0.01]},
     PlotRange → {{0, 11}, {-50, 50}}]}}, Frame → All], Panel["La derivada como velocidad"],
 Delimiter, Panel["Función posición del proyectil: f(t) = v0 t - 4.9 t^2"], Delimiter,
 Panel["Tiempo que tarda subir y bajar"], Delimiter, {{t, 0, "Tiempo"}, 0, 2 v0 / 9.8, ControlType → Trigger},
 Panel["Velocidad con que es lanzadao el proyectil"], Delimiter, {v0, 30, 50}, SaveDefinitions → True,
 ControlPlacement -> Left]
```

Figura 7 *Código fuente de la simulación del problema de la velocidad.*

En la Figura 8 se puede observar que se emplearon dos controladores durante el proceso de simulación: el tiempo, que se inicia en el instante en que es lanzado el proyectil hasta que cae al piso, y la velocidad inicial que, en este ejemplo, la hicimos variar entre 30 m/seg. y 50 m/seg.

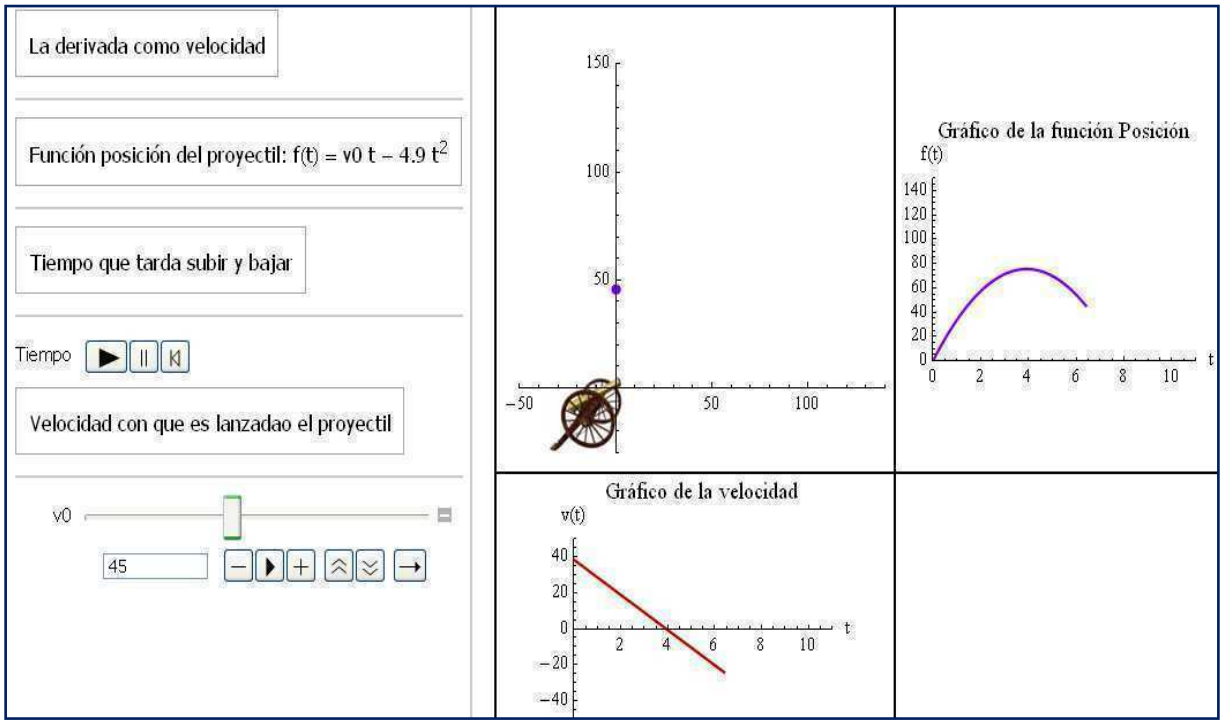


Figura 8 *La simulación del problema de la velocidad a través del análisis de la función posición del proyectil.*

Como mencionamos anteriormente, pronto se comprobó que la derivada no sólo resolvía el problema de la tangente o permitía calcular velocidades de cuerpos con movimiento rectilíneo, sino que se la podía emplear en el estudio de la variación de una función y para resolver problemas de optimización. En la siguiente sección presentaremos algunos ejemplos de aplicación, que ayudarán al estudiante a comprender el alcance y la importancia de este concepto.

3. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA DERIVADA DE FUNCIONES DE UNA VARIABLE.

3.1. El problema de la velocidad de Newton, considerando la fuerza de rozamiento del aire.

La fórmula empírica obtenida por Galileo que permitía hallar, en cada instante, la altura de un objeto lanzado verticalmente, era válida siempre y cuando no se considerara la presencia del aire. Este hecho se pudo comprobar en el año 1650, cuando se inventó la bomba de vacío. Pero ¿qué ocurre si se tiene en cuenta la resistencia del aire? ¿En qué cambia la expresión de la altura obtenida por Galileo? Pues bien, cuando un cuerpo se mueve a una rapidez moderada, resultados experimentales conducen a expresar la fuerza de rozamiento del aire como

$$\vec{F}_r(t) = -\ c\ \vec{v}(t)$$

Donde

$\vec{v}(t)$ = velocidad del cuerpo en el instante "t".

c = constante de rozamiento del cuerpo. Tiene la siguiente fórmula:

$$c = \frac{\rho A \delta}{2}$$

En este caso,

ρ = Densidad del aire. Aunque varía con la altura, se utilizará su valor a nivel del mar de 1.29 kg/ m^3.

A = Área del cuerpo expuesta al aire.

δ = Coeficiente de arrastre, que depende de la forma del objeto.

El coeficiente de arrastre δ es un número que mide cuánta resistencia ofrece el cuerpo cuando éste se mueve por el aire. Cuanto menor sea δ, el objeto será más aerodinámico, es decir, se desplazará más rápido. En la siguiente tabla se proporcionan los coeficientes de arrastre de algunos objetos:

Forma del objeto	Valor aproximado de δ
Disco circular	1.2
Esfera	0.4
Avión	0.06
Caja rectangular	0.9
Cuerpo humano	0.8

Tabla 1 *Coeficiente de arrastre de algunos objetos.*

Consideremos el caso de un proyectil de masa m kg, que es lanzado verticalmente desde el suelo a una rapidez inicial de v_0 m/seg.

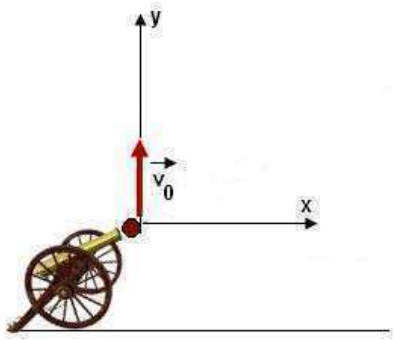


Figura 9 *Sistema de coordenadas elegido para determinar la posición y las fuerzas que actúan sobre el proyectil, cuando es lanzado verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial* $\vec{v}_0$.

Supondremos que el proyectil tiene forma esférica, con lo cual su coeficiente de arrastre es $\delta = 0.4$ y su área es $A = 4\ \pi\ r^2$, donde r es el radio de la esfera, medida en metros. De este modo, la constante de rozamiento del cuerpo es $c = \frac{\rho\ A\ \delta}{2} = 3.24\ r^2$. Si llamamos

$$f(t) = (x(t), y(t))$$

a la función posición del proyectil en un instante t, entonces la velocidad y aceleración que adquiere en cualquier instante son, respectivamente,

$$\vec{v}(t) = \vec{f}'(t) = (x'(t), y'(t)) \ , \quad \vec{a}(t) = \vec{f}''(t) = (x''(t), y'\,'(t))$$

De acuerdo al sistema de coordenadas elegido (véase Figura 9), las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son:

Fuerza Peso:

$$\vec{P} = (0, -m\,g) \quad \text{con } g = 9.8\ m/seg^2$$

Fuerza de rozamiento del aire:

$$\vec{F}_r(t) = -\ c\ \vec{v}(t) = -\ 3.24\ r^2\ (x'(t), y'(t)) = (-\ 3.24\ r^2\ x'(t), -\ 3.24\ r^2\ y'(t))$$

Por otro lado, en el instante inicial t = 0, la posición y velocidad inicial del proyectil son, respectivamente,

$$f(0) = (x(0), y(0)) = (0, 0)$$

$$\vec{v}(0) = \vec{f}'(0) = (x'(0), y'(0)) = (0, v_0)$$

Al aplicar la Segunda Ley de Newton, resulta

$$\vec{P} + \vec{F}_r(t) = m\ \vec{a}(t)$$

Es decir,

$$(0, -m\,g) + (-\ 3.24\ r^2\ x'(t), -\ 3.24\ r^2\ y'(t)) = m\ (x''(t), y'\,'(t))$$

Luego,

$$(-\ 3.24\ r^2\ x'(t), -\ m\,g - 3.24\ r^2\ y'(t)) = (m\ x''(t), m\ y'\,'(t))$$

Al igualar las correspondientes componentes de estos vectores, resulta el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales, cuyas incógnitas son x(t) e y(t):

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

$$\begin{cases} -3.24\, r^2\, x'(t) = m\, x''(t) \\ -m\, g - 3.24\, r^2\, y'(t) = m\, y''(t) \end{cases}$$

Con condiciones iniciales:

$$\begin{cases} x(0) = 0 \quad , y(0) = 0 \\ x'(0) = 0\,, \quad y'(0) = v_0 \end{cases}$$

Si aplicamos los siguientes comandos para resolver este sistema:

g = 9.8;

DSolve [{ - 3.24 r^2 x ‘ [t] = = m x ‘’ [t] , - m g - 3.24 r^2 y ‘ [t] = = m y ‘’ [t] , x [0] = = 0, y [0] = = 0 , x ‘ [0] = = 0, y ‘ [0] = = v0 } , { x [t] , y [t] } , t }

Se obtienen las siguientes soluciones:

$$\begin{cases} x(t) = 0 \\ y(t) = \dfrac{m\,(0.93\, m + r^2\,(-3.024\, t + 0.308\, v_0) + e^{-\frac{3.2\, r^2\, t}{m}}\,(-0.93\, m - 0.308\, r^2\, v_0)}{r^4} \end{cases}$$

De aquí concluimos que la función posición del proyectil es

$$f(t) = \left(0\,,\ \frac{m\,(0.93\, m + r^2\,(-3.024\, t + 0.308\, v_0) + e^{-\frac{3.2\, r^2\, t}{m}}\,(-0.93\, m - 0.308\, r^2\, v_0)}{r^4} \right)$$

Así, la altura y(t) del proyectil, que depende ahora de la masa y de su radio, no es una función cuadrática, como ocurría en el caso en que no se consideraba el efecto de la resistencia del aire (véase ecuación (1)). Por otro lado la velocidad vertical, y’ (t), deja de ser una función lineal.

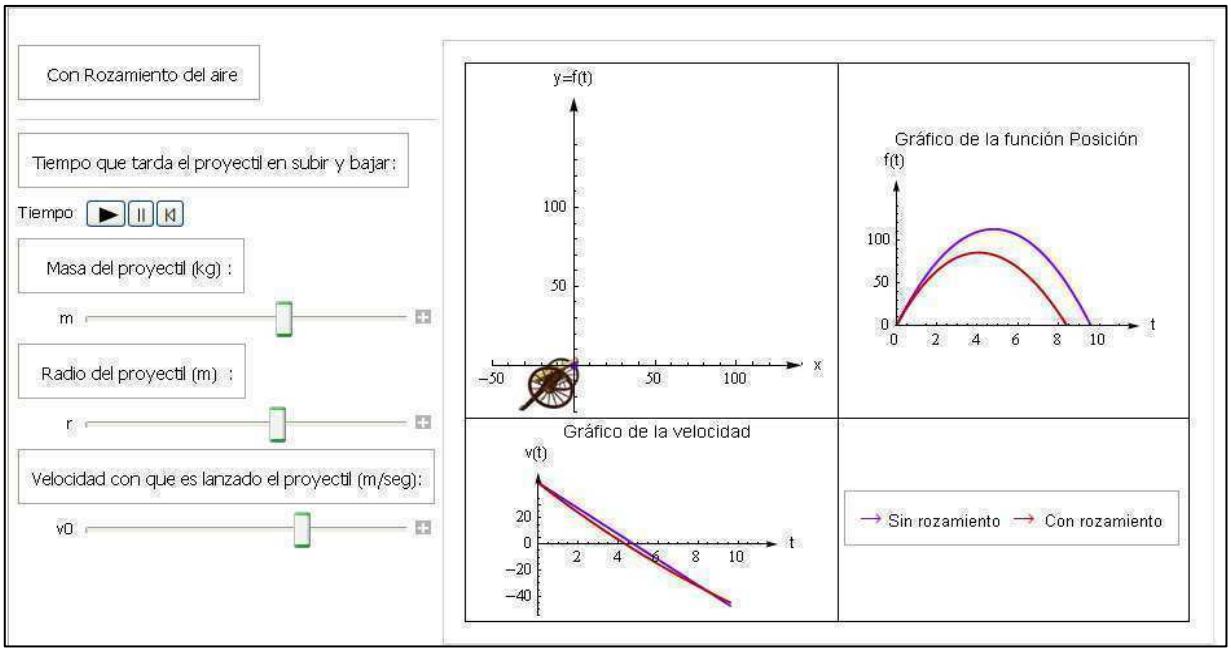


Figura 10 *Simulación del movimiento del proyectil, con y sin rozamiento.*

La figura 10 muestra la simulación asociada a este problema. Se utilizaron como controladores a la masa, el radio y la velocidad inicial del proyectil. Claramente se observa cómo, al aumentar el radio o la masa, disminuye la altura máxima alcanzada, cayendo antes al piso. En este ejemplo, el uso de las simulaciones permite averiguar de una manera sencilla qué valor debería tener la masa o el radio para que el proyectil llegue a una determinada altura h. Sin la ayuda de dicha herramienta, esta pregunta no sería sencilla de responder, ya que se debería resolver la ecuación y(t) = h , que no tiene solución analítica.

3.2. Un problema de optimización: ¿Cuál es la longitud de la escalera más larga?

Se desea averiguar la longitud de la escalera más larga que se puede pasar por la esquina de un corredor, según las dimensiones indicadas en la siguiente figura, llevándola paralelamente al piso.

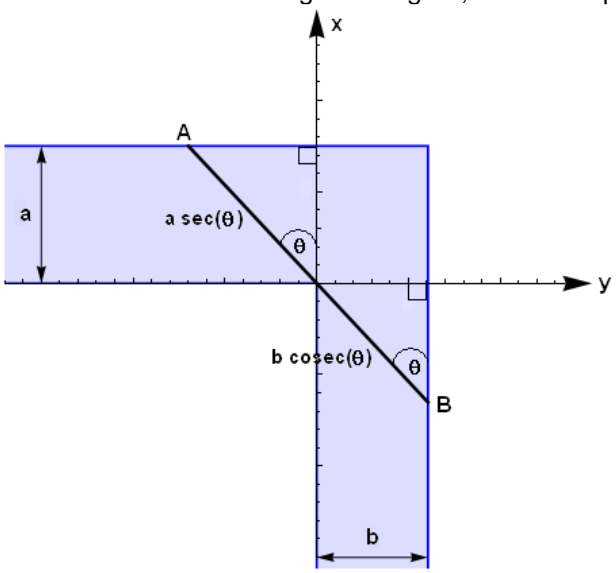


Figura 11 *Corredor por donde se desea pasar la escalera de longitud AB.*

De acuerdo a la figura, la longitud de la escalera AB es

$$L = a\sec(\theta) + b\,\mathrm{cosec}(\theta)$$

Para hallar la longitud máxima, igualamos a cero su derivada:

$$\frac{dL}{d\theta} = a\sec(\theta)\,tg(\theta) - b\,\mathrm{cosec}(\theta)\,\mathrm{cotg}(\theta) = 0$$

Es decir,

$a\,sen^3(\theta) = b\cos^3(\theta)$ o equivalentemente, $tg(\theta) = \sqrt[3]{\frac{b}{a}}$

Luego

$$\sec(\theta) = \frac{\sqrt{a^{2/3}+b^{2/3}}}{a^{1/3}}\ ,\ \mathrm{cosec}(\theta) = \frac{\sqrt{a^{2/3}+b^{2/3}}}{b^{1/3}}$$

Con lo que

$$L = a\sec(\theta) + b\,\mathrm{cosec}(\theta) = \left(a^{2/3}+b^{2/3}\right)^{3/2}$$

Geométricamente resulta evidente que ésta es la máxima longitud, pero se puede demostrar analíticamente que $\frac{d^2L}{d\theta^2} < 0$ para $\theta = \mathrm{arctg}\left(\sqrt[3]{\frac{b}{a}}\right)$.

La siguiente simulación comprueba cómo efectivamente se puede hacer pasar por la esquina del corredor a la escalera de longitud máxima $L = \left(a^{2/3} + b^{2/3}\right)^{3/2}$. Se utilizaron como controladores a las dimensiones a y b del corredor.

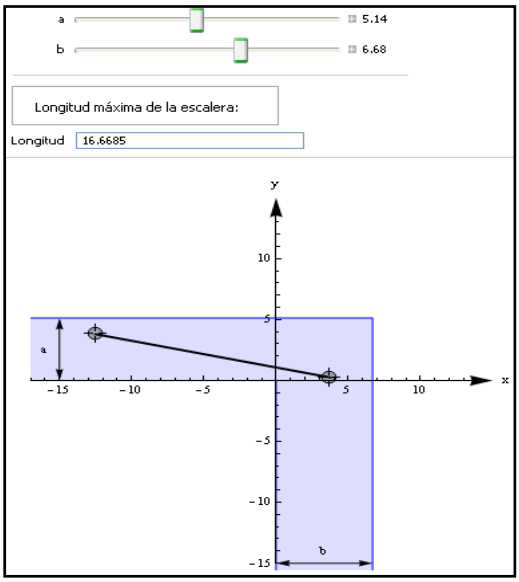


Figura 12 *Simulación del movimiento de la escalera por el corredor.*

El correspondiente código fuente se muestra a continuación.

```
Manipulate[
 Recta = Graphics[{Thick, Line[{{(Sqrt[a^2, 3] + Sqrt[b^2, 3])^(3/2) p1/EuclideanDistance[p1, p2], p2/EuclideanDistance[p1, p2] (Sqrt[a^2, 3] + Sqrt[b^2, 3])^(3/2)}}]];
 flecha1 = Graphics[{Arrowheads[{-.03, .03}], Arrow[{{-15, 0}, {-15, a}}], Text["a", {-16, a/2}]}];
 flecha2 = Graphics[{Arrowheads[{-.03, .03}], Arrow[{{0, -15}, {b, -15}}], Text["b", {b/2, -14}]}]; Longitud = (Sqrt[a^2, 3] + Sqrt[b^2, 3])^(3/2);
 Show[Graphics[{EdgeForm[Directive[Thickness[0.004], Blue]], RGBColor[0.866667, 0.866667, 1],
    Polygon[{{-20, 0}, {-20, a}, {b, a}, {b, -30}, {0, -30}, {0, 0}}]}], Recta, flecha1, flecha2, Axes → True,
  AxesStyle → Arrowheads[0.05], AxesLabel → {"x", "y"}, AxesOrigin → {0, 0}, PlotRange → {{-17, 15}, {-15, 15}}],
 {a, 1, 10, Appearance → "Labeled"}, {b, 1, 10, Appearance → "Labeled"}, Delimiter, {{p1, {-a (b/a)^(1/3), a}}, Locator},
 {{p2, {b, -b/(b/a)^(1/3)}}, Locator}, Delimiter, Panel["    Longitud máxima de la escalera:        "], {Longitud}]
```

Figura 13 *Código fuente del movimiento de la escalera por el corredor.*

3.3. ¿Cómo se puede minimizar la cantidad de cable a utilizar?

Dos postes, uno de $\mathbf{h_1}$ pies y el otro de $\mathbf{h_2}$ pies, se encuentran a **d** pies de distancia. Se sostienen por dos cables, conectados a una sola estaca, desde el nivel del suelo hasta la parte superior de cada poste. ¿Dónde debe colocarse la estaca para que se utilice la menor cantidad de cable?

Si observamos la figura 14 y aplicando el Teorema de Pitágoras, la longitud del cable a minimizar puede expresarse en términos de la función

$$f(x) = \sqrt{h_1^2 + x^2} + \sqrt{h_2^2 + (d - x)^2}$$

Figura 14 *Dos postes de longitud h_1 y h_2, separados a una distancia d.*

De este modo, igualando a cero la derivada de f, se obtiene

$f'(x) = 0 \Rightarrow \dfrac{2x}{2\sqrt{h_1^2 + x^2}} - \dfrac{2(d-x)}{2\sqrt{h_2^2 + (d-x)^2}} = 0$. De aquí resulta que $x = \dfrac{h_1 d}{h_1 + h_2}$. Se puede concluir entonces que la estaca debe colocarse a $\dfrac{h_1 d}{h_1 + h_2}$ pies del poste de altura h_1. La figura 15 muestra la simulación diseñada para este ejemplo, donde se utilizaron como controladores a las alturas de los postes y la distancia entre ambos.

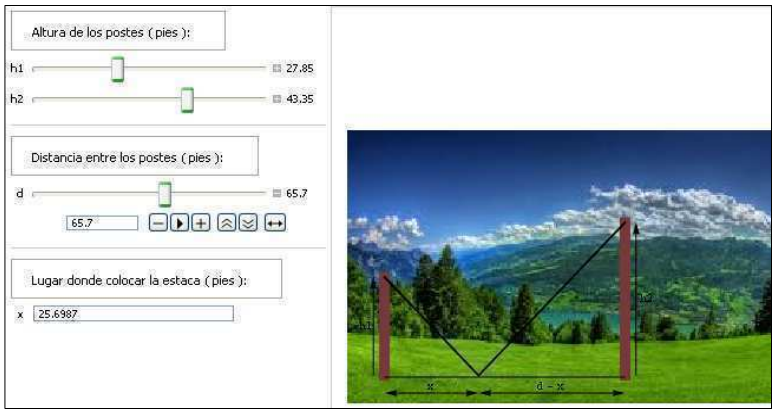


Figura 15 *Simulación de la longitud mínima de cable a utilizar.*

4. CONCLUSIONES.

La implementación del uso de las simulaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje en las carreras de ingeniería, permite al estudiante visualizar y comprender mucho mejor los conceptos teóricos. Por otro lado, lo motiva a crear sus propios modelos matemáticos, brindando la posibilidad de verificar por sus propios medios si, a su juicio, éstos responden o no a la realidad. Por otro lado, reconcilia al alumno con la materia y le brinda la posibilidad de aplicarla inmediatamente, desmitificando el habitual prejuicio de que los contenidos no se ajustan a su realidad como profesional. Esta metodología de enseñanza se ha puesto en práctica en algunos cursos de Cálculo Infinitesimal en una variable, con resultados altamente favorables y una notable disminución de la deserción de alumnos en esta asignatura.

5. REFERENCIAS.

[1] Apóstol, Tom M. (1965). *Cálculus. Volumen 1: Introducción, con vectores y Geometría Analítica*. Barcelona. (tercera edición). Reverté.

[2] Larson, Ron. Hostetler, Robert. Edwuards, Bruce. (2009).*Cálculo I.* México.(décima edición). Mc Graw Hill.

[3] Stewart, James. (2010). *Cálculo. México.* (octava edición).Thomson Learning.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

APLICACIÓN DE UN KIT DIDÁCTICO UTILIZANDO PLC COMO METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA EN INGENIERÍA MECÁNICA

Pirog, Nicolás A.[1], *Orué, Matías W.*[2], *Alzugaray, Gloria E.*[3]
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI).
Lavaise 610 - S3004EWB Santa Fe - Argentina.
[1] nico_ale200188@hotmail.com, [2] morue@frsf.utn.edu.ar, [3] galzugar@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

Las nuevas tecnologías aplicadas a la automatización y el control industrial basadas en sensores de variables físicas y actuadores, centralizadas en un Controlador Lógico Programable (PLC) para la toma de decisiones programadas, son actualmente figuras claves en el desempeño profesional dentro del ámbito industrial. Por lo que el Ingeniero Mecánico debe estar familiarizado con esta herramienta.
De aquí la importancia de disponer de ellas como apoyo pedagógico para el aprendizaje de sistemas de automatización industriales, desde los más simples hasta los de mayor complejidad, sobre todo para las formaciones técnicas como: Electrónica, Electricidad o Mecánica las cuales requieren la asimilación de dichos conceptos (complementados con los conocimientos matemáticos, físicos y tecnológicos) a través de aplicaciones prácticas que permitan consolidarlos desarrollando a su vez en los estudiantes un pensamiento científico-tecnológico.
En la actualidad un PLC se utiliza como método flexible, con secuencia de instrucciones codificadas, para controlar el desempeño de un sistema físico a través de un programa. Estas instrucciones utilizan lenguajes amigables e intuitivos para el usuario, de modo que con un entrenamiento en sus funciones básicas el alumno está en condiciones de realizar sistemas de gran potencialidad y de aplicación real en la vida profesional del Ingeniero Mecánico.
El propósito de este trabajo es mostrar la construcción de un kit didáctico utilizando un PLC y las posibles interacciones entre los distintos sensores industriales y actuadores, como recurso educativo para complementar los trabajos prácticos tradicionales en la asignatura Electrónica y Sistemas de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica, permitiendo insertar tecnologías como ésta en el aula, aspecto indispensable para lograr una formación integral en los alumnos, como así también la de acompañar las actualizaciones permanentes que se vayan dando en relación a la misma.

Palabras Claves: PLC, sensores, materiales educativos

1. INTRODUCCIÓN

El avance de las nuevas tecnologías, enfrenta a los profesionales de la ingeniería tanto en lo técnico como en sus consecuencias sociales, por lo que es necesario estar informado y capacitado para conocer más y mejor el desarrollo industrial, informático y comunicacional que involucra la actividad del profesional de la ingeniería.

En el campo de la educación en ingeniería, se hace necesario estimular un aprendizaje significativo dentro de las aulas, con el fin de ayudar al estudiante a desarrollar un pensamiento científico y tecnológico sólido.

En este trabajo se describe una forma de aplicación del PLC utilizada en trabajos prácticos, como apoyo pedagógico para la realización de trabajos prácticos en el aula.

Un Controlador Lógico Programable (PLC), también denominado Autómata Programable Industrial (API), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales o de reacción ante eventos.

En Carreras de Ingeniería, resulta indispensable insertar tecnologías como ésta por su gran utilidad pedagógica, logrando que los estudiantes la conozcan y apliquen, además de asimilar el cambio permanente en relación a ella.

2. METODOLOGÍA

ASPECTOS TÉCNICOS Y CONSTRUCCIÓN DEL KIT DIDÁCTICO

En este trabajo se incorporan aspectos tecnológicos a los materiales didácticos clásicos que se utilizan para el desarrollo de las clases de laboratorio, integrando PLC y detectores electrónicos para el control de algún dispositivo o accionamiento; instrumentos para la medición de magnitudes físicas llamados sensores o transductores, tratando de lograr la vinculación a consignas plasmadas en prácticas que guían no sólo la construcción y descubrimiento del conocimiento, sino que plantean problemáticas que buscan generar la expectativa de una experiencia laboral de iniciación real.

Se contempla la utilización de material bibliográfico disponible para: puesta a punto de los instrumentos de medición, generación de entornos virtuales, desarrollo de consignas en material escrito y creación de guías. Estos materiales demandarán de los actores intervinientes la calibración de elementos de medición, experimentación de nuevas configuraciones físicas, realización de modelos matemáticos a ser construidos y probados en entornos virtuales y utilización de herramientas de diseño para la producción de las consignas.

La idea de concebir bancos de actividades y recursos didácticos, genera herramientas para favorecer la activación de múltiples procesos cognitivos en los estudiantes, que conduzcan a establecer diversas relaciones significativas entre la información recibida y el entorno.

Se presenta el diseño de un kit didáctico para la enseñanza-aprendizaje basada en un PLC Zelio y su respectivo programa de operación (Zelio Soft), para la implementación de automatismos a través de medición de variables y accionamiento de actuadores de uso corriente en distintos procesos industriales. Dicho equipamiento didáctico cuenta con la portabilidad suficiente para lograr su utilización en espacios físicos no dedicados específicamente a la actividad de trabajos de laboratorio, como son las aulas de clase, manteniendo las medidas de seguridad adecuadas a sus usuarios y sin perder sus características típicas de aplicación.

Tratando de aprovechar la gran versatilidad de este conjunto, la metodología de trabajo permite, con simples reconfiguraciones de conexiones, la programación y adaptación de otros componentes (sensores y actuadores), obtener diferentes sistemas funcionales.

3. PRESENTACION DEL PROBLEMA

En este trabajo se plantea la introducción a la utilización del PLC, interrelacionándolo con diversos tipos de sensores y actuadores, a través de aplicaciones prácticas.

El objetivo es crear una metodología de trabajo para enseñar y aplicar pedagógicamente el uso de los PLC`s en la asignatura Electrónica y Sistemas de Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica, realizando distintas actividades prácticas sobre un kit didáctico portable de automatización. Las mismas permiten mejorar y complementar los trabajos prácticos de aula tradicionales, desarrollando en los alumnos capacidades para resolución de problemas tanto virtuales como reales.

A continuación se da una descripción de las características del kit didáctico incluyendo el PLC y los distintos dispositivos que lo conforman.

A Características del kit didáctico

Para su diseño, se tuvo en cuenta la capacidad de portabilidad y maniobrabilidad que se requieren en estos casos, facilitando su transporte dentro del aula y hacia la misma. Por lo cual, se optó por un maletín del tipo industrial, el cual otorga la resistencia mecánica adecuada, protección ambiental y movilidad requerida (Figura 1). Dentro del mismo se encuentra montado el PLC, las conexiones secundarias hacia los sensores y actuadores, la activación forzada de las entradas hacia el PLC tanto por pulsadores como por perillas, los dispositivos pertinentes de seguridad eléctrica (llave térmica y disyuntor) y las señales lumínicas de las diferentes acciones (Figura 2).
Se tomaron las precauciones adecuadas de seguridad para evitar riesgos potenciales con tensiones peligrosas ante posibles contactos físicos involuntarios, sumadas a las protecciones eléctricas antes mencionadas.

Figura 1: Kit portable en maletín industrial.

Figura 2: PLC, fuente, protecciones, borneras y accionamientos del kit.

B Características de los sensores

Figura 3: Sensor capacitivo Marca: Sense Modelo: CS10-18GM70-A2-J.

Figura 4: Sensor inductivo: Marca: Telemecanique Modelo: XS4 P18PA370.

C Guía de experiencia.

La filosofía con que se plantean los trabajos prácticos en la cátedra "Electrónica y Sistemas de Control" perteneciente al cuarto nivel de la Carrera de Ingeniería Mecánica considera la asimilación paulatina por parte del alumno, tanto del PLC como concepto tecnológico industrial y su entorno informático de programación; que si bien es muy amigable al usuario, involucra acciones de programación y diálogo con el entorno generalmente no conocido en detalle por el alumno.
Por ello es que se debe comenzar con ejemplos y ejercicios simples como activar salidas en función de activación de entradas, o temporización de salidas a partir de eventos de inicio en sus entradas. Los mismos ejemplos y ejercicios se desarrollan para los dos lenguajes de programación soportados por ZELIO, como son LADDER y BDF.

Ejemplo:
El siguiente es un problema que fue solicitado a los estudiantes; el mismo fue requerido como evaluación de un trabajo práctico donde se utilizaba un PLC.
El desarrollo de la actividad consiste en la realización de un programa que debe emular el funcionamiento de una llenadora de botellas.
Se solicita a los distintos grupos de estudiantes el siguiente funcionamiento lógico del proceso:

1. Detectar la presencia de una botella vacía en la posición de llenado. Estas botellas serán desplazadas sobre una línea de proceso impulsada por un motor de CA monofásico de baja potencia accionado por un contactor.
2. Descenderá el pico de llenado una distancia fija por medio de un sistema de desplazamiento neumático.
3. Accionará la electroválvula de llenado.
4. Detectará que la botella esté llena.
5. Cortará el llenado.
6. Subirá el pico de llenado.
7. Desplazará la cinta para posicionar la nueva botella.

Utilice el tipo de programación BDF del software Zelio Soft 2. Este software desarrollado por la marca Schneider sirve tanto para simulación como para programación de la línea de PLC de baja gama ZELIO.

D Programación con Zelio Soft

Se muestra a continuación una imagen del programa correspondiente al problema anteriormente enunciado, en su entorno de desarrollo y simulación Zelio Soft (Figura 5).
Este mismo software sirve también para grabar el programa en la memoria del PLC a través de una conexión del mismo con el puerto serie de la computadora.

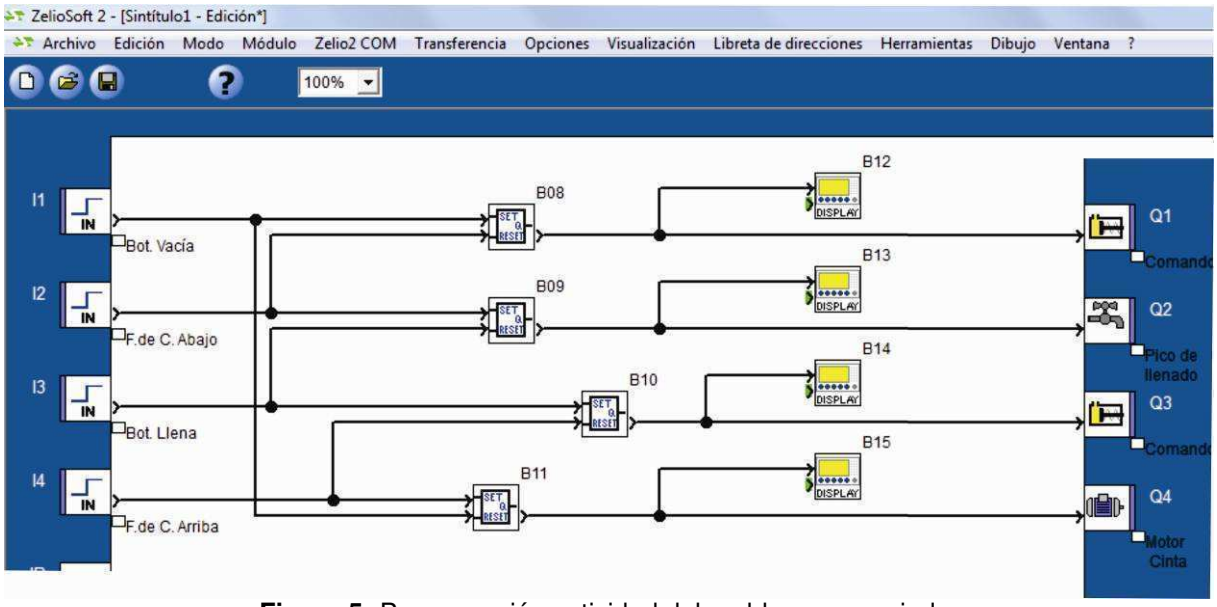


Figura 5: Programación actividad del problema enunciado.

4. CONCLUSIONES

En particular en este trabajo se presenta la posibilidad de aplicación de un kit didáctico utilizando la tecnología del PLC, para la realización de trabajos prácticos de laboratorio en ambientes no preparados para la tarea, como son las aulas; representando un apoyo pedagógico para el aprendizaje de sistemas de automatización sencillos en carreras técnicas donde generalmente no se cuenta con laboratorios dedicados específicamente a la temática, como Ingeniería Mecánica.

De modo que la incorporación de elementos tecnológicos a los materiales didácticos convencionales que se utilizan para el desarrollo de trabajos prácticos, permiten complementar y potenciar los mismos, induciendo en los alumnos el descubrimiento, la construcción y el desarrollo del conocimiento técnico aplicado.

Es evidente que hoy en día trabajos prácticos de esta naturaleza son necesarios para lograr en los alumnos una correcta formación en los aspectos referidos a la automatización y control, obteniendo una adecuada interrelación entre los conceptos teóricos y prácticos, además de estimular la motivación e innovación por parte de los alumnos beneficiados.

Los resultados obtenidos en los trabajos realizados por los estudiantes, demostraron un correcto nivel de comprensión de las diferentes problemáticas planteadas en la guía de experiencias.

5. REFERENCIAS

A. Porras, A.P. Montanero, 1996, Automatas Programables: fundamento, manejo,instalación y prácticas. McGraw-Hill,Madrid.

S. Szklanny, C. Behrends, 1995, Sistemas Digitales de Control de Procesos (2ª Edición).Editorial Control S.R.L., 27-68.

E. García Moreno, 1999, Automatización de Procesos Industriales. Alfaomega, Universidad Politécnica de Valencia, 85-185.

A. Creus Solé, 1997, Instrumentación Industrial (6ª Edición). Marcomobo, Boixareu Editores, Barcelona.

Formación autodidacta en Zelio logic:
http://www.herrera.unt.edu.ar/eiipc/material/apuntes/tutorial_zelio.pdf

Automatización:
http://www.schneider-electric.com.ar/sites/argentina/es/productosservicios/automatizacion

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA DESERCIÓN Y LA CRONICIDAD: PROGRAMA DE ACOMPAÑAMIENTO A ALUMNOS

Gimenez Uribe, Alfonso*, Mansutti, Mariana, Casco, Eva

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe.
Lavaisse 610. Santa Fe. aacagu1@hotmail.com, marianamansutti@gmail.com,
ecasco@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN
La Universidad representa un espacio para la toma de decisiones formativas, en el cual se entrecruzan diversas dimensiones: el contexto Institucional, los contenidos de la Carrera, Docentes, Alumnos y Graduados.
La Calidad Educativa en el nivel Universitario, se concibe como la construcción permanente e interna de una Comunidad Educativa que se autoevalúa y genera estrategias y acciones de mejoramiento. Este escenario impone nuevas demandas en las Instituciones Educacionales y nuevas responsabilidades a los generadores y transmisores del conocimiento. Por esta razón, la búsqueda de soluciones a problemas de gestión y calidad en educación, los altos índices de deserción, el bajo rendimiento académico, las altas tasas de desaprobación deben ser abordadas desde múltiples escenarios con distintas alternativas que trascienden al aula.
Con la intención de acompañar el proceso de enseñanza- aprendizaje dentro de la Facultad Regional Santa Fe se han generado diversos dispositivos destinados al alumno. Este trabajo tiene como objetivo evaluar los resultados obtenidos a través del programa de acompañamiento a alumnos y su incidencia en los indicadores de deserción y cronicidad de la Regional Santa Fe.
Para ello se evaluará el desempeño académico de los alumnos durante el ciclo 2011 de las carreras de ingeniería, determinando las variables intervinientes, definiendo los indicadores a partir de las mismas y analizando su comportamiento. Esto permitirá conocer la efectividad del dispositivo implementado.
Estas acciones se materializan desde un trabajo conjunto, donde cada integrante aporta su mirada y su experiencia en cada uno de sus roles, generan andamiajes diversos y ajustados a cada nivel y especialidad, tratando que el alumno adquiera la capacidad de construir conocimiento, el respaldo del desempeño y su integración en el medio laboral y social, pues consideramos que él es el centro de nuestra comunidad.

Palabras claves: Permanencia, cronicidad, egreso, acompañamiento entre pares

Área temática: A- Enseñanza

1. INTRODUCCIÓN

Todos los años las universidades se enfrentan a diversas problemáticas que deben ser resueltas de acuerdo al tipo de complejidad y a los niveles académicos en los cuales se manifiestan.
Hoy se concibe la Universidad como "un espacio de toma de decisiones formativas" Zabalza: 2002 [1].Esto significa que, en el escenario universitario, se entrecruzan diversas dimensiones: el contexto institucional, los contenidos de la carrera, docentes, alumnos y graduados, que son los cuatro ejes que constituyen la visión ad-intra, del mundo universitario.
El mismo se compone de alumnos que inician estudios superiores sin contar con las competencias mínimas que requiere el programa de estudios, enfrentándose a dos situaciones posibles: algunos pueden persistir en sus metas luego de múltiples repeticiones, prolongando la permanencia mucho más allá de la duración prevista, con la consiguiente frustración y costo económico. Otros, con menos tolerancia a la frustración o menos recursos económicos, terminan por desertar prematuramente. Asimismo aprender en la Universidad requiere de un conjunto de herramientas intelectuales, que se desarrollan paralelamente a herramientas sociales, afectivas y actitudinales que, si bien se manifiestan en momentos diferentes, determinan en alguna medida el accionar del universitario en el contexto universidad.
Si bien durante años, la responsabilidad de este "fracaso" ha sido repartida entre el nivel medio y las exigencias propias del ingreso al nivel superior, desde la Facultad Regional Santa Fe, consideramos necesario generar estrategias para atender y prevenir instancias de fracaso, con el fin de que la totalidad de los alumnos puedan alcanzar los niveles académicos que exigen los estudios universitarios, mediante el mejor aprovechamiento de sus potencialidades.
Esto trae aparejado el desarrollo de políticas educativas pensadas en el alumno desde su integralidad, abordando la multidimensionalidad de factores que inciden en la adaptación a un nuevo contexto, la superación de obstáculos y sobre todo la generación del "ser universitario."

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es el análisis de las variables involucradas y su interrelación a efectos de establecer tendencias, pronósticos, cálculo de índices respecto al comportamiento académico de los alumnos destinatarios de estos dispositivos.

3. METODOLOGÍA

La búsqueda de soluciones a problemas de gestión y calidad en educación, altos índices de deserción, bajo rendimiento académico, altas tasas de desaprobación, gran cantidad de "conocimientos rituales" Perkins 1998 [2] debe ser abordada desde múltiples puntos de vista, distintas alternativas que trascienden al aula.
El trabajo consiste en el análisis de los datos resultantes de las distintas experiencias. Para ello se reunió información relacionada a los alumnos monitoreados de las distintas especialidades de la Facultad Regional Santa Fe. En este sentido, se definieron las variables sujetas a análisis. Las mismas son las siguientes: ingresantes cohorte 2011, alumnos tutoreados, tutores, materias a tutorear, especialidad a tutorear, alumnos que recibieron atención personalizada, tipo de orientación recibida.
A partir de la recopilación de los datos, correspondientes a las variables, se determinarán los indicadores que permiten conocer la situación actual y los resultados obtenidos de la implementación de los distintos procesos de acompañamiento.

3. LA EXPERIENCIA

La norma que nos va a guiar en nuestro recorrido, marca con claridad que hay que invertir las mejores energías para sostener una visión inclusiva, es decir solucionar las carencias y no valerse de ellas para implementar políticas restrictivas Cullen, 2010 [3] Con esta intención desde la Regional implementamos dos instancias de acompañamiento las que hemos evaluado. Las mismas se detallan a continuación:

1.1. Área de Orientación Educativa

Fue creada en el 2006 con el objetivo de permitir la intervención en la tarea educativa de profesionales de la educación e ingenieros de esta Casa de Estudios, con el objetivo de potenciar el aprendizaje de los alumnos de cada carrera y mejorar los procesos educativos durante los

primeros niveles de las carreras, con énfasis en la problemática de la inserción, retención y graduación de los alumnos en la Universidad, en particular de las carreras de Ingeniería.
El Área de Orientación Educativa, perteneciente a la Subsecretaría Académica de la Facultad Regional Santa Fe, cumple con las siguientes funciones: contribuir al desarrollo integral de los estudiantes y su rendimiento académico; potenciar aprendizajes y mejorar los procesos educativos especialmente en los dos primeros niveles de las carreras; organizar actividades complementarias que mejoren la inserción, adaptación y efectividad en el estudio universitario de los alumnos de la Facultad, participar activamente en la Planificación Académica integrada en las asignaturas y actividades extracurriculares en todos los niveles, realizar actividades orientadas a la reinserción de alumnos avanzados para la culminación de sus estudios.
Entre las actividades realizadas por el Área se detallan las siguientes: talleres de estrategias de aprendizaje destinadas a los alumnos del primer nivel, talleres de comunicación eficaz para los alumnos de todos los niveles, atención de problemáticas particulares mediante entrevistas personalizadas, trayectos de articulación pedagógico con docentes, talleres de incumbencias profesionales, intercambios entre alumnos interniveles, etc.

1.2. Tutorías de Pares, Académicas y Disciplinares

El Área de Tutorías se inició en el año 2003 como experiencia piloto para los alumnos de primer año en la asignatura Análisis Matemático I, de las carreras de Ingeniería que se dictan en esta casa de estudios. El enfoque sobre el cual se construye el Área de Tutorías, pone el foco de atención en los alumnos que ingresan a la Universidad. Se trata de una tutoría a cargo de alumnos de los niveles superiores. Los alumnos son tutores de estudios; complementan la tarea del docente a través de diversas actividades de apoyo, recibiendo una formación previa en estrategias de enseñanza y habilidades para andamiar los procesos de aprendizaje de los alumnos. Del mismo modo y atendiendo a los conocimientos básicos propios del perfil ingenieril, su accionar está especialmente focalizado en el seguimiento del aprendizaje propio de las materias básicas.
A partir del Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería (PROMEI), el Área de Tutorías adquiere la capacidad de financiar a los tutores a través de becas. Esto posibilita la incorporación de una cantidad importante de tutores, llegando a contar desde principios de 2008 con 19 tutores. Desde el 2006 al 2011, más de 800 alumnos completaron el proceso de tutoría, y un total de 60 alumnos avanzados participaron como tutores en el mismo período.
La tutoría de pares en este proyecto, se entiende, fundamentalmente, como una estrategia pedagógica y de formación que se brinda, en principio, para algunos alumnos con la finalidad de apoyarlos y orientarlos en sus estudios.
La función de los tutores se encuentra supervisada por el Equipo Coordinador y es orientada por los docentes de las cátedras, el Departamento de Materias Básicas y el Equipo Coordinador.
La tutoría planteada en el ámbito del Área de Tutorías de la UTN FRSF, responde a la modalidad de tutoría académica y motivacional de grupos (en pequeños grupos de 5 a 8 alumnos) en función a las necesidades y características detectadas. Los tutores son quienes definen con los alumnos los tiempos para el trabajo en función a las pautas generales dictadas por el Equipo Coordinador (como por ejemplo realizar una reunión semanal de dos horas con cada grupo) y las disponibilidades horarias de los involucrados. Los espacios se organizan desde el Equipo Coordinador, y la metodología empleada para las clases es personal, principalmente centrándose en la práctica de la materia y respetando las pautas brindadas por el Equipo Coordinador (utilizar agenda de actividades y temáticas, completar fichas de seguimiento de los alumnos, etc.) Se vincula también a los tutores con el Área de Orientación Educativa para la consulta de estrategias y modalidad de trabajo a utilizar.
Varios estudios han centrado su interés en estos tipos de dispositivos, focalizando la atención en la importancia de la transmisión de la experiencia. Algunos autores hablan de comunidades de aprendizaje, otros de comunidades de práctica, otros de grupo de pares, para referirse a un grupo de personas que comparten una preocupación o un interés común acerca de un tema, y que profundizan su conocimiento a través de una interacción continuada.
La presencia de un coordinador se vuelve fundamental a la hora de promover la participación de los integrantes del grupo y gestionar los contenidos intercambiados entre los miembros. De la misma forma, si bien los intereses y las necesidades pueden ser distintos, suponen una fuente de motivación para los propios integrantes, quienes forman parte de estas comunidades compartiendo lenguajes, herramientas y rutinas que los identifican como grupo. La posibilidad de

que cada miembro del grupo comparta su experiencia y su propio conocimiento, convierte a las comunidades de aprendizaje en una práctica educativa en la cual los estudiantes interactúan con otros para alcanzar los objetivos educativos.
Desde este posicionamiento, en la Facultad Regional Santa Fe hemos implementado el Programa de Acompañamiento a alumnos en la Universidad, que nuclea un conjunto de actividades pensadas para los alumnos y ejecutadas, en su mayoría, por los propios alumnos.
Las mismas intentan atender a las problemáticas vinculadas al ingreso, retención y cronicidad, que se presentan en los diferentes niveles de la carrera y que interpelan a nuestra realidad institucional en particular, obligándonos a generar dispositivos que permitan trabajar con aquellos alumnos vulnerados.
Del análisis realizado sobre las variables antes mencionadas se desprenden los siguientes indicadores:

Nombre del indicador 1: Porcentajes de alumnos tutoreados respecto ingresantes 2011
Definición: cantidad de alumnos tutoreados / cantidad de ingresantes 2011

Nombre del indicador 2: Porcentajes de tutoreados por asignatura AGA
Definición: cantidad de alumnos tutoreados / cantidad de alumnos asignatura Álgebra y Geometría Analítica

Nombre del indicador 3: Porcentajes de tutoreados por asignatura AMI
Definición: cantidad de alumnos tutoreados / cantidad de alumnos asignatura Análisis Matemático I

Nombre del indicador 4: Porcentajes de tutoreados por asignatura FISICA
Definición: cantidad de alumnos tutoreados / cantidad de alumnos asignatura Física

Nombre del indicador 5: Porcentajes de tutores por asignatura AMI
Definición: cantidad de alumnos tutores de AMI / cantidad de tutores

Nombre del indicador 6: Porcentajes de tutores por asignatura AGA
Definición: cantidad de alumnos tutores de AGA / cantidad de tutores

Nombre del indicador 7: Porcentajes de tutores por asignatura FISICA
Definición: cantidad de alumnos tutores de Física / cantidad de tutores

Nombre del indicador 8: Porcentajes alumnos regulares por asignatura AMI
Definición: cantidad de alumnos regulares de AMI / cantidad total de alumnos de AMI

Nombre del indicador 9: Porcentajes alumnos regulares por asignatura AGA
Definición: cantidad de alumnos regulares de AGA / cantidad total de alumnos de AGA

Nombre del indicador 10: Porcentajes alumnos regulares por asignatura FISICA
Definición: cantidad de alumnos regulares de FISICA / cantidad total de alumnos de FISICA

Nombre del indicador 11: Porcentajes alumnos regulares de Ing. Civil
Definición: cantidad de alumnos regulares Ing. Civil / cantidad total de alumnos tutoreados

Nombre del indicador 12: Porcentajes alumnos regulares de Ing. Eléctrica
Definición: cantidad de alumnos regulares de Ing. Eléctrica/ cantidad total de alumnos de tutoreados

Nombre del indicador 13: Porcentajes alumnos regulares de Ing. en Sistemas de Información
Definición: cantidad de alumnos regulares de Ing. en Sistemas de Información / cantidad total de alumnos de tutoreados

Nombre del indicador 14: Porcentajes alumnos regulares de Ing. Mecánica

Definición: cantidad de alumnos regulares de Ing. Mecánica/ cantidad total de alumnos de tutoreados

Nombre del indicador 15: Porcentajes alumnos regulares de Ing. Industrial
Definición: cantidad de alumnos regulares de Ing. Industrial/ cantidad total de alumnos de tutoreados

Nombre del indicador 16: Porcentaje de alumnos orientados respecto a ingresantes 2011
Definición: cantidad de alumnos orientados / cantidad total de alumnos ingresantes 2011

Nombre del indicador 17: Porcentaje de alumnos orientados de acuerdo a la problemática
Definición: cantidad de alumnos orientados según problemática / cantidad de alumnos orientados 2011

4. RESULTADOS ALCANZADOS

A continuación se presentan los resultados del análisis de los indicadores para el Proyecto de Tutorías disciplinares y el Área de Orientación Educativa, en particular durante el ciclo académico 2011.

La figura 1 muestra los valores porcentuales de obtención de la regularidad de los alumnos en general (primer columna) y tutoreados (segundo columna) en las asignaturas Algebra y Geometría Analítica (AGA), Análisis Matemático I (AM1) y Física I (FI) y la figura 2, de igual forma pero por carrera (especialidad de ingeniería):

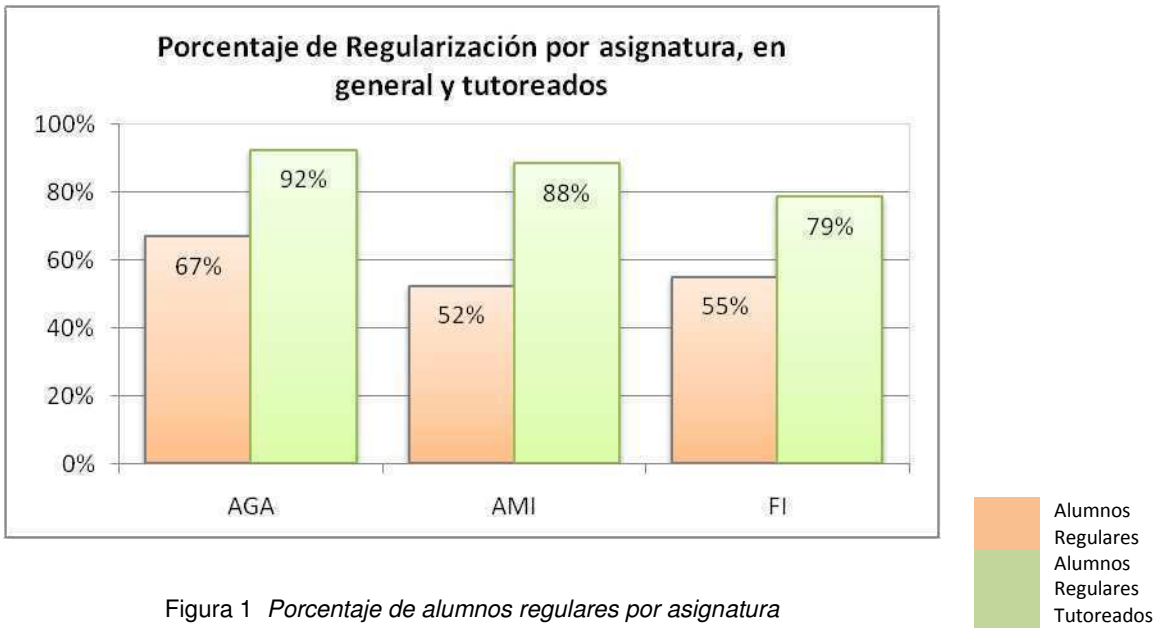


Figura 1 *Porcentaje de alumnos regulares por asignatura*

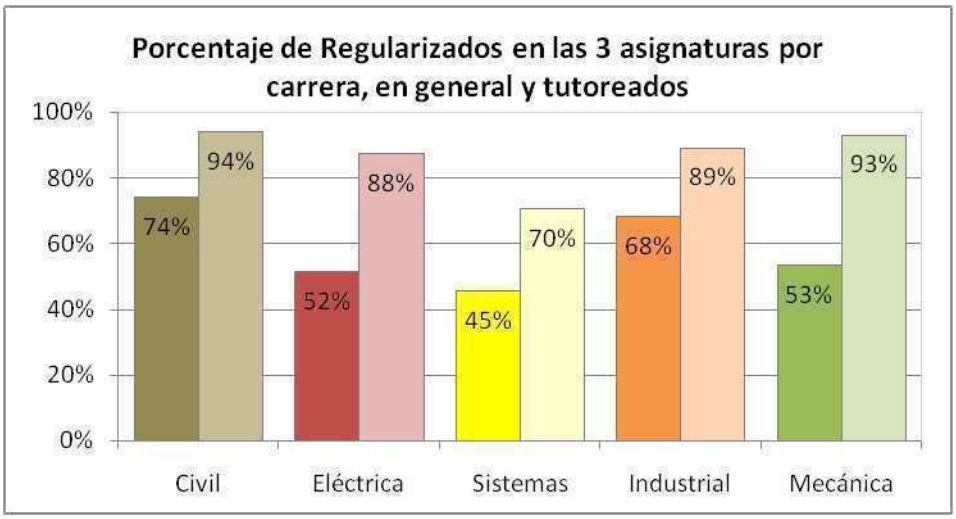


Figura 2 *Porcentaje de alumnos regulares por especialidad*

La figura 3 muestra los porcentajes de regularización de los alumnos que concurren a las tutorías por carrera para cada una de las materias

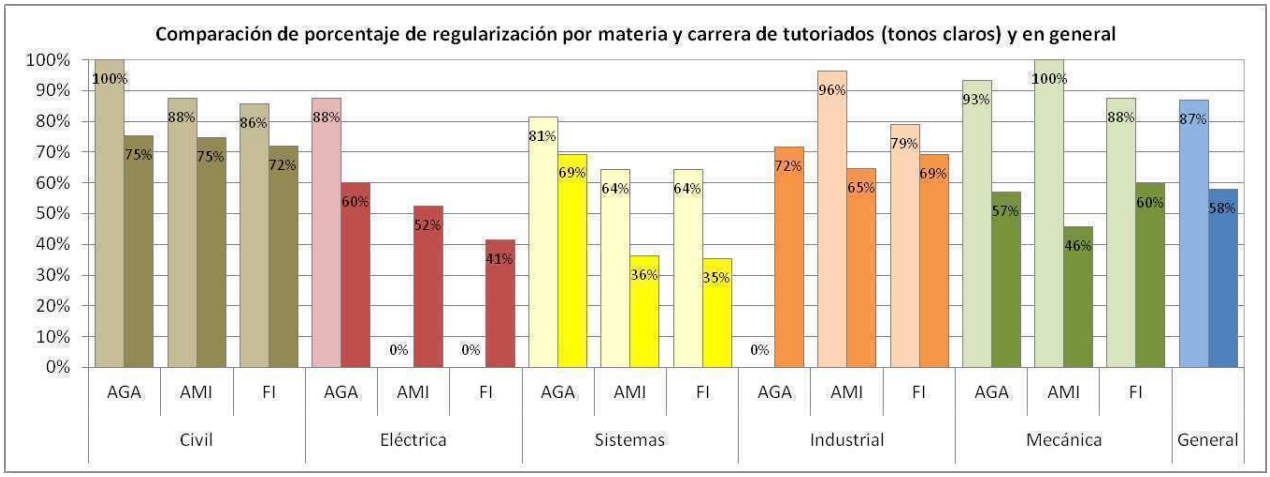


Figura 3 *Porcentaje de alumnos regulares por especialidad y materia*

Las actividades detalladas persiguen el fortalecimiento de todas las Instancias de acompañamiento al proceso educativo integral de los estudiantes y demuestran la profundización de políticas claras de retención y graduación.
A modo de análisis y como muestra de los resultados generados durante el 2011 se detalla lo siguiente:

Grupos de Estudio para aspirantes: Gracias a la convocatoria generada durante el año 2011 y 2012., los grupos de estudio se han institucionalizado, formando parte de una actividad propia del Ingreso a la Facultad y contando con el aval de la Secretaría Académica.
Durante el 2012 más de 100 aspirantes asistieron a los grupos de estudio implementados.

El Proyecto de Tutorías ha recibido a 300 estudiantes del 1er nivel, quienes participaron de tutorías en algunas de las cuatro asignaturas (Análisis Matemático I, Algebra y Geometría Analítica, Física I)

El Área de Orientación Educativa recibió a 90 estudiantes en el año 2011, quienes recibieron la atención de algunos de los profesionales del área lo que significó un mínimo de dos entrevistas con cada uno, para trabajar integralmente la adaptación al mundo Universitario.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de este seguimiento han sido útiles para la elaboración de estrategias de gestión que apuntan a la mejora de la calidad académica ante situaciones de desgranamiento, deserción y cronicidad de los alumnos y han permitido establecer acciones de mejoramiento en relación a: sistemas de apoyo para alumnos ingresantes y crónicos; detección de asignaturas o areas temáticas en los que se evidencian mayor dificultad; estrategias que permitan la disminución de la duración real de la carrera y modificaciones en la ejecución de los planes de estudio.
Asimismo la generación y puesta en marcha de dispositivos de estas características generan en la comunidad universidad el trabajo mancomunado de todos sus integrantes, en orden al mejoramiento de indicadores de egreso y retención.

6. REFERENCIAS

[1] Zabalza M. 2002. La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas. Nancea. Madrid
[2] Perkins, D. (1995) La Escuela Inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente. Barcelona. Gedisa. España
[3] Cullen Patricio. Universidades para el Siglo XXI. edUTecNe - Editorial de la U.T.N. Bs.As. Argentina

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

"Análisis inicial de la fiabilidad humana en las organizaciones"

Conte, Daniel (1º Autor), Ma. Florencia Bertoldi (2° Autora), Diaz, Luis S. (3º Autor), Zorzoli, Eduardo (3º Autor)

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
Dirección posta: X5016ZAA
dconte@semapi.com.ar (1ºAutor)
florbertoldi@gmail.com (2º Autor)
sebastiandiaz.ind@hotmail.com (3º Autor)

RESUMEN

Desde siempre el hombre ha luchado contra sus propios errores, a lo largo del tiempo estos han sido el principal factor de pérdidas económicas y humanas en las organizaciones.

Es importante recalcar que el error humano es provocado por una variedad de condiciones relacionadas, no solamente con la conducta individual inapropiada, sino también por prácticas de liderazgo y administración incompetentes, además de las debilidades propias de las organizaciones. A pesar de que resulta imposible doblegarlo en su totalidad, si se pueden atenuar las consecuencias una vez ocurrido el error, mediante la aplicación sistemática de técnicas adecuadas.

Se plantea en este trabajo, un modelo de análisis general que se adapta a cualquier estructura, que toma en cuenta las diferentes barreras de control del contexto de las organizaciones y los principales aspectos sociales, laborales y culturales, en los cuales tienen lugar los errores que ocasionan las fallas de estas estructuras. Se desarrolla para ello un análisis metódico y un modelo de relación entre los diferentes niveles y falencias de cada organización.

Posteriormente, se utilizará para definir planes de acción y reducir la gravedad de los errores, y por ende la ocurrencia de fallas en la organización.

Palabras claves: fiabilidad – fiabilidad humana – error humano

2.1.1. INTRODUCCION A LA FIABILIDAD HUMANA EN LAS ORGANIZACIONES

Se define Fiabilidad como la probabilidad de buen funcionamiento de algo, es decir, que ofrece seguridad o buenos resultados.

Aplicando este significado a los sistemas, fiabilidad de un sistema es la probabilidad de que este funcione o desarrolle una cierta función, bajo condiciones fijadas y durante un período determinado.

Para obtener una medida correcta de la fiabilidad del sistema debe tenerse en cuenta la posible contribución del error humano. Los análisis de diseño de sistemas, de procedimientos e informes posteriores de accidentes, muestran que el error humano puede causar un accidente inmediato o bien puede jugar un importante papel en el desarrollo de sucesos indeseados. Sin la incorporación de las probabilidades del error humano, los resultados son incompletos y a menudo mal valorados.

El error humano puede presentarse ya sea en la fase del diseño, del suministro, de construcción y/o de operación de un sistema complejo. Los programas de verificación de garantía de calidad, se implementan con la intención de reducir este tipo de errores.

La tendencia moderna lleva a las empresas a utilizar un buen número de tecnologías de gerencia de activos, en las cuales se destaca la Fiabilidad Humana como requisito indispensable para gestionar eficientemente el conocimiento y tomar las decisiones más acertadas. La ***Fiabilidad Humana*** se define como la probabilidad de desempeño eficiente y eficaz de todas las personas, en todos los procesos, sin cometer errores o fallas derivados del conocimiento y actuar humano, durante su competencia laboral, dentro de un entorno organizacional específico.

El hombre presenta un alto grado de variabilidad de su comportamiento. Su contribución a los fallos generales es de un 10%, mientras que contribuye a los accidentes importantes en un 50% - 80% [4].

Los factores que influyen en la forma del comportamiento humano son:

1- Factores del entorno de trabajo:
   a) Limpieza
   b) Ruido ambiental
   c) Temperaturas excesivas
   d) Responsabilidad excesiva
   e) Falta de motivación

2- Factores de las características de la tarea:
   a) Complejidad
   b) Frecuencia y repetitividad
   c) Interfaz hombre – máquina

3- Factores de estrés psicológicos:
   a) Trabajos monótonos
   b) Distracciones

4- Factores de estrés fisiológicos:
   a) Fatiga
   b) Incomodidad
   c) Movimientos limitados

5- Factores internos
   a) Entrenamiento o experiencia previa
   b) Personalidad e inteligencia
   c) Motivación y predisposición
   d) Condición física

2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE FIABILIDAD HUMANA

El análisis de fiabilidad humana es una rama del rendimiento global del ser humano en entornos industriales, y también un segmento del análisis de la fiabilidad de sistemas complejos.

Su beneficio deriva de los resultados y los progresos realizados en la ingeniería de hardware de fiabilidad. En la actualidad, el análisis de la fiabilidad humana esta aun dominada por la actividad de investigación y desarrollo, especialmente en industrias donde los errores humanos pueden causar fallas en los sistemas con serias consecuencias.

A continuación se desarrollan dos métodos de análisis de la fiabilidad humana:

2.2. SHARP (Procedimiento Sistemático de Análisis de Fiabilidad de la Acción Humana)

SHARP (Systematic Human Action Reliability Procedure) es un método propuesto por la IAEA (International Atomic Energy Agency) y desarrollado por G.W. Hannaman, A.J. Spurgin en 1983. Hace uso del análisis de fiabilidad humana definiendo una estructura basada en la experiencia y el análisis sistemático de las interacciones humanas y tiene en cuenta la influencia de los Factores del Comportamiento [5].

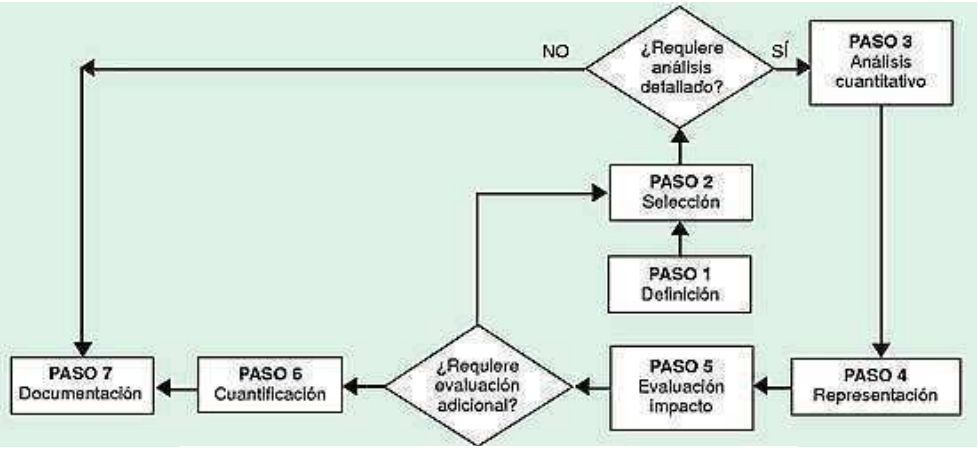


Figura 1. Procedimiento de Análisis de Fiabilidad Humana

Los siete pasos principales para llevar a cabo el análisis de fiabilidad se describen brevemente:

1) *Definición:* Se describen todas las acciones humanas que hayan aparecido en el análisis realizado y que se tengan que evaluar.

   Las acciones humanas se clasifican en:

   - *Tipo 1*: acciones relacionadas con pruebas, mantenimiento, calibraciones y realineamientos anteriores a generar el incidente / accidente.
   - *Tipo 2*: acciones humanas que, a partir de un error, generan un comportamiento anómalo del sistema.
   - *Tipo 3*: acciones que, de acuerdo a un procedimiento, un operador puede operar sistemas.
   - *Tipo 4*: a partir de acciones incorrectas del operador tras un incidente empeora la situación.
   - *Tipo 5*: durante la secuencia de un incidente, son las acciones del operador que por su conocimiento puede recuperar un equipo inicialmente fallado.

2) *Selección:* se determina de entre las acciones humanas identificadas anteriormente, aquellas importantes para la seguridad del sistema.

Se establece una regla para obtener una cuantificación con valores preliminares o genéricos. Estos valores se muestran en la tabla 1 para acciones Tipo 1 y tabla 2 para acciones Tipo3 y Tipo 5. Tras la cuantificación inicial del modelo se realizará un análisis detallado de los resultados.

Tabla 1. Valores genéricos para la selección de acciones humanas Tipo 1.

TIPO 1	RUTINA [a)]	REGLAS [b)]	CONOCIMIENTO [c)]
CALIBRACIÓN	3×10^{-3}	3×10^{-2}	-
PRUEBAS	2×10^{-3}	2×10^{-2}	-
MANTENIMIENTOS	1×10^{-3}	1×10^{-2}	5×10^{-2}
REALINEAMIENTOS OPERATIVOS	3×10^{-3}	3×10^{-2}	1×10^{-2}
FACTOR DE ERROR	3	5	5
Los valores indicados representan medianas de distribución log-normal			

a) Rutina: cuando se requiere un cambio de posición siguiendo un procedimiento de mantenimiento, operación, pruebas.
b) Reglas: pruebas, mantenimientos, realineamientos o calibraciones que cumplen con alguna de las condiciones anteriores.
c) Conocimiento: son aquellos mantenimientos operativos que afectan a un componente dado, no habituales.

Tabla 2. Valores genéricos para la selección de acciones humanas Tipo 3 y 5.

TIEMPO [a)]	DESTREZA [b)e)]	REGLAS [c)f)]	CONOCIMIENTO [d)g)]
PARTE MANUAL	3×10^{-3}	3×10^{-2}	$7{,}3 \times 10^{-1}$
PARTE COGNOSCITIVA			
Muy corto (menos de 5 min)	1×10^{-1}	5×10^{-1}	1
Corto (entre 5 min y 1 hora)	1×10^{-1}	3×10^{-2}	3×10^{-1}
Largo	$3x\ 10^{-4}$	3×10^{-2}	1×10^{-2}
Factores de error global	5	5	5
Los valores indicados representan medianas de distribución log-normal			

a) Tiempo disponible para la acción.
b) Destreza (Parte Manual): actuaciones sobre controles, cuya posición y tipo de actuación se conocen sin ambigüedad y es directa.
c) Reglas (Parte Manual): actuación sobre diversos controles no habituales.
d) Conocimiento (Parte Manual): comportamiento basado en el conocimiento.
e) Destreza (Parte Cognoscitiva): el grupo de operaciones está bien entrenado para efectuar la tarea sin ambigüedad y es directa.
f) Reglas (Parte Cognoscitiva): actuación en base a parámetros directos.
g) Conocimiento (Parte Cognoscitiva): actuación en base a parámetros indirectos.

3) *Análisis cualitativo:* los dos objetivos de este paso son:

a) Postular los conocimientos del operador y qué tipo de acciones puede realizar en una determinada situación.

b) Postular como el comportamiento de un operador puede ser modificado por una disfunción del sistema.

El desarrollo del análisis cualitativo de la acción, requerirá para cada acción humana, el conocimiento de una serie de características, como son:

- *Características de la tarea a realizar.*
- *Características individuales:* nivel de entrenamiento y experiencia del operador en la situación específica que se evalúa.
- *Características ambientales.*
- *Factores psicosociales-técnicos:* organización de los turnos, clima organizacional, etc.
- *Factores de recuperación:* medios y disponibilidad de tiempo para la posible recuperación.
- *Consecuencia de los errores.*

4) *Representación:* los modos de fallo humano requieren una representación de las acciones, de forma tal que reflejen adecuadamente como pueden afectar a la operación del sistema. Se deben seleccionar y aplicar técnicas para la modelización de las acciones humanas a través de una estructura lógica de modelización. Por ejemplo: árboles de sucesos, diagramas de bloques de fiabilidad, etc.

5) *Evaluación del impacto:* Las acciones del paso anterior deben revisarse con el objeto de verificar que la representación no afecta a ningún suceso más en el modelo, entonces la representación se considerará satisfactoria y se continuará con la etapa de cuantificación. De lo contrario deberá analizarse en el caso de mostrar dependencias entre las acciones y/u otros sistemas modelados.

6) *Cuantificación:* El propósito de este paso es establecer el valor de la probabilidad de fallo para cada acción humana. Para ello se aplicará la siguiente técnica:

THERP (Técnica para la predicción de la tasa de error humano)

La técnica consiste en "predecir las probabilidades de error humano y evaluar el deterioro de un sistema individuo-máquina causado por los errores humanos (tomados aisladamente o en relación con el funcionamiento de los equipos técnicos), por los procedimientos o las prácticas de ejecución, así como por las otras características del sistema o de la persona que influyen en el comportamiento del mismo".

Las etapas de procedimiento que se desarrollan en la aplicación de la THERP son las siguientes: identificación de las funciones del sistema que puedan verse afectadas por errores humanos; análisis de las tareas; estimación de las probabilidades de error humano y de sus efectos sobre el sistema; recomendaciones para modificar el sistema y nuevo cálculo de la probabilidad de fallo del mismo.

7) *Documentación:* se trata de documentar adecuadamente los pasos realizados de forma que se asegure la trazabilidad de las hipótesis, datos, referencias utilizadas, modelo seleccionado y su representación, así como criterios de eliminación de acciones no importantes, resultados y todos los aspectos destacados de análisis de fiabilidad humana.

2.3. Modelo de James Reason

El estudio de los errores humanos es llevado a cabo por instituciones tales como la NASA, la industria Petroquímica, la Nuclear o la Aeronáutica. Todas han conducido diferentes investigaciones y han desarrollado sus propios mecanismos de prevención. Pero en este caso, trataremos un modelo ideado por el psicólogo *James T. Reason* [1]. La razón es que aborda el tema de los errores humanos más desde una óptica de sistemas que individual, y puede ser comprendido con relativa facilidad.

James Reason plantea la hipótesis de que la mayoría de los accidentes pueden localizarse en uno o cuatro niveles de falla [2]:

- INFLUENCIAS ORGANIZACIONALES
- SUPERVISION DEFECTUOSA
- PRE-REQUISITOS QUE DAN LUGAR A ACTOS O ACCIONES RIESGOSAS
- LOS MISMOS ACTOS O ACCIONES RIESGOSAS

En este modelo, las defensas de una organización contra las fallas pueden ser imaginadas como barreras que evitan que los peligros se materialicen en daños a las personas o a los activos de la empresa u organización. Muchas de estas barreras funcionan bien en la mayoría de los casos, pero tienen sus debilidades y dependiendo de la magnitud de dichas debilidades son capaces o no de evitar un accidente o proteger de peligros. Lo ideal sería que esas barreras de defensa estuvieran intactas. Pero en la realidad son más bien como rebanadas de queso suizo, llenas de agujeros. Sin embargo, a diferencia del queso, los agujeros en las barreras pueden cambiar de lugar, variar de tamaño o desaparecer.

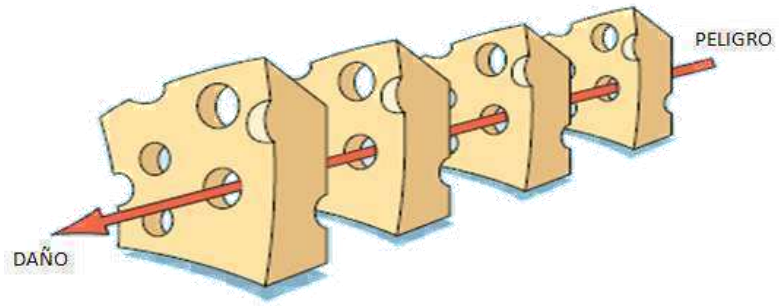


Figura 2.

Los agujeros en cualquiera de estas rebanadas no producen por si solos un daño o perdida material. Es cuando se alinean momentáneamente los agujeros en muchas de las barreras (rebanadas) de la organización que dan lugar a una ventana que posibilita una trayectoria que culmina con el peligro materializándose en una perdida material o humana. Hay dos razones por las cuales aparecen estos agujeros:

FALLAS ACTIVAS: Son los actos o acciones llevadas a cabo por el personal directamente involucrado en la realización de una tarea. Pueden tomar diferentes formas: deslices, errores, incumplimiento de un procedimiento, torpezas.
CONDICIONES LATENTES: James Reason los llama "residentes patógenos". Surgen de las decisiones tomadas por los diseñadores, constructores o fabricantes, los que redactan los procedimientos y administradores de alto rango.

2.3.1. Familia de barreras

Basados en el modelo del doctor Reason, se decidió realizar un modelo generalizado, considerando 3 familias de barreras de control que se detallan a continuación.

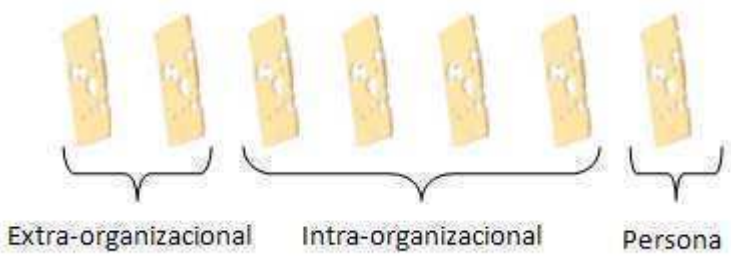


Figura 3.

Según la organización o el tipo de empresa a estudiar, cada una de estas familias, tendrán mayor o menor número de barreras.

Extra-organizacional: Se refiere a aquellas barreras en las cuales la empresa u organización tiene poca o nula influencia, está fuera de sus posibilidades y alcance el control parcial o total de las mismas, ya que son manejadas por autoridades gubernamentales, organismos independientes o estatales. En cambio estos organismos externos pueden influir y generar grandes impactos en cada empresa, organización o sector industrial. (Gobiernos Nacionales, Provinciales y municipales – Ministerios – Sindicatos, Gremios, etc.)

Intra-organizacional: Esta familia está constituido por barreras que representan las distintas ramas funcionales de la empresa, desde las representativas del nivel jerárquico hasta las de los niveles medios. (Gerentes Generales, Jefes o gerentes de sección, supervisores, encargados, etc.)

Persona: Esta representado por el o los actores directos de la situación estudiada o problema acontecido (empleados, operarios, etc.)

2.3.2. *Contenido y parametrización de las diferentes barreras*

Para cada organización o industria, las barreras a considerar serán diferentes, ya que no todas las estructuras son influenciadas por las mismas barreras. Además en cada una en particular habrá que analizar aspectos propios a las mismas, los cuales deberán ser parametrizados examinando exhaustivamente cada caso en particular. Para apreciar estos aspectos se realizó una escala de valores, que luego servirá para estimar la eficiencia del funcionamiento que se producen en cada una de las barreras:

Tabla 3. Escala de valores.

Excelente:1	Situación inmejorable, con un grado de error mínimo.
Muy Bueno: 2	Es efectiva, pero aún puede ser mejorado.
Bueno: 3	El grado de eficiencia de la barrera es aceptable.
Regular: 4	Existen ciertas falencias.
Malo: 5	Situación fuera de control, grandes probabilidades de fallas peligrosas.

Para ejemplificar el modelo se tomará el caso de un accidente aéreo, para el cual se definieron las siguientes barreras de control.

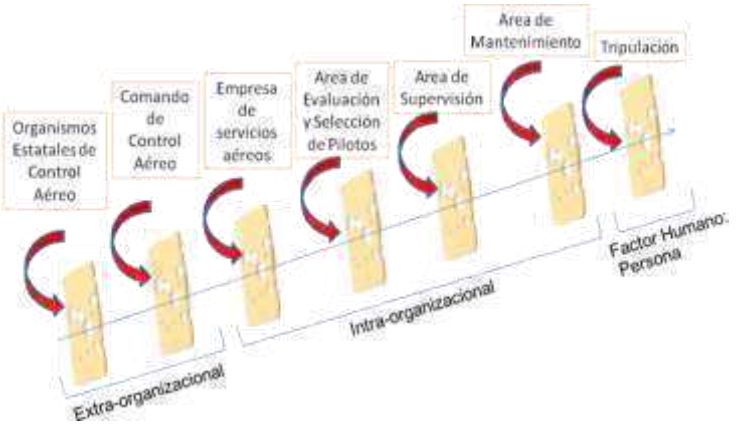

Organismos Estatales de Control Aéreo
Comando de Control Aéreo
Empresa de servicios aéreos
Area de Evaluación y Selección de Pilotos
Area de Supervisión
Area de Mantenimiento
Tripulación
Extra-organizacional
Intra-organizacional
Factor Humano: Persona

Figura 4.

3. CONCLUSIÓN

En líneas generales, las técnicas de análisis de fiabilidad humana permiten introducirse en el sistema y trata de ver las falencias que este puede ¨ albergar ¨ y que preparan el camino para los accidentes o fallas humanas.

Además, con la realización de este trabajo se obtuvo a las siguientes afirmaciones:

- Ser falible es parte de la condición humana.
- Los eventos adversos que se presentan son el producto de agentes patógenos que se encuentran latentes en el sistema.
- Es más probable que los que se encuentran en la ¨ línea de ataque ¨ sean más bien los herederos de errores que los instigadores.
- Los esfuerzos para remediar o prevenir errores se enfocan en mejorar las defensas y eliminar las trampas que inducen a errores.
- El comportamiento humano no ocurre en un vacío, es un reflejo de la cultura corporativa y regulatoria en la que tiene lugar.

Los modelos desarrollados permiten simular los diferentes escenarios posibles, relacionando las fallas encontradas en cada una de las barreras de control, y considerar su nivel de gravedad y alineamiento que genera la falla inevitable en la estructura de la organización, para de esta manera tomar decisiones sobre como eliminarlas o en su defecto atenuarla las consecuencias.

REFERENCIAS

[1] José, R. R. (2007). Causalidad del error humano en los accidentes laborales_Modelo psicológico "Queso Suizo". Madrid, España.
[2] Marchito, M. El error humano y la gestión de seguridad: la perspectiva sistémica en las obras de James Reason. Granada, España: Facultad de Psicología_Universidad de Granada.
[3] Sole, A. C. (2005). Fiabilidad y Seguridad. Su aplicación en procesos industriales. Marcombo.
[4] Sureda, J. F. NTP 620: Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano.
[5] W. Grant Ireston, C. F. (2009). Handbook of reliability engineering and managment. McGrant Hill.
[6] Wikipedia. (7 de Febrero de 2012). Wikipedia. Recuperado el Abril de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Fiabilidad humana.
[7] Dearden, A.M. & Harrison, M.D. (1997) Impact and the Design of Human-Machine Interfeace. University of New York.
[8] Ramos Antón, Arístides. (1990) Procedimiento para la valoración cuantitativa de los riesgos. Métodos de los árboles de fallos. COASHIQ, Madrid.
[9] Gruhn, Paul. (2010) Human Machine Interface (HMI) Design: The Good, The Bad, and the ugly (and what makes them so). Rockwell Automation, Houston, TX.
[10] Hexatec. (2002) Operator Screen (HMI) Design Guidelines. Northumberland, England.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

CONOCIMIENTO TOPOGRAFICO DE ACTIVOS INDUSTRIALES

Martínez Facundo; Conte, Daniel Zorzoli, Eduardo; Díaz, Luis Sebastián; Aparicio, Juan; Lazo, Rodrigo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
Código Postal: X5016ZAA
dconte@industrial.frc.utn.edu.ar.

RESUMEN

El proceso de enseñanza-aprendizaje en la etapa de 5to nivel para la ingeniería mecánica tiene algunos aspectos que requieren imprescindibles conexiones con lo real. El campo de aplicación, la materialización, la instrumentación, es decir los medios materiales por los cuales se aplican las leyes físicas, los conocimientos adquiridos en las materias de tecnologías básicas y tecnologías aplicadas son contenidos de gran importancia para lograr en el discente la familiarización con los activos industriales, como máquinas edificios e instalaciones. En la vida profesional deberá desarrollar rápidamente la ubicación espacial necesaria para reconocer los objetos de gestión, los cuales son los activos de las organizaciones. Esta competencia se puede desarrollar mediante la puesta en práctica de un seminario especialmente diseñado para generar una ambientación apelando a la memoria visual y auditiva del alumno.
Los instrumentos audiovisuales y los bancos de datos fotográficos y de video, acompañados del conocimiento del docente, son los recursos centrales de la transposición didáctica que se opera haciendo debates morfológicos con los fundamentos funcionales. Pero lo esencial, es el clima de análisis en ambiente de pares, fomentado por el docente que dirige el proceso. En este trabajo presentamos un instrumento didáctico que ofrece características de rápida implementación y efectiva utilización para el graduado, lo cual será en el futuro adaptado, ampliado y mejorado mediante las construcciones con su experiencia.

Palabras Claves: topografía de maquinas; morfología funcional; aprendizaje significativo; investigación acción.

1. INTRODUCCIÓN

La carrera de Ingeniería Mecánica que se cursa en la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional se creó con la perspectiva de que mediante la intervención de graduados especializados en administrar medios de producción, se racionalice un espacio de las organizaciones, que hasta el momento no estaba suficientemente intervenido por un campo disciplinar ingenieril, que integrando sus competencias, optimizara los recursos existentes.

Con la aparición de las disciplinas relativas a la Organización del Trabajo, el control de los tiempos y la correcta utilización de los activos, los países desarrollados iniciaron un camino que no tendría retorno en esas sociedades y en aquellas en vías de desarrollo.

Inicialmente fue el taylorismo y luego las organizaciones “fordianas” las que insistieron con una cultura de eficiencia.

Poco antes y durante la segunda guerra mundial, se comprende plenamente en que la capacidad de producción para la guerra, era mandatario para la victoria y esto imponía tiempos perentorios para producir, colocar y operar sistemas en los focos del conflicto, por lo cual se utilizó en sus máxima expresión.

Las organizaciones de recolección de datos sobre el comportamiento de sistemas complejos y nuevos, innovaciones de uso estratégico, etc. para retroalimentar los diseños, acelerar la producción e instruir al personal sobre la utilización, fueron grandes usuarios de metodologías de aprovechamiento de recursos, lo que hoy llamaríamos “know how”.

Los conocimientos y experiencias capitalizados en estas actividades, junto con los antecedentes antes mencionados, fueron paulatinamente difundidos en todo tipo de organizaciones, no sólo en el ámbito industrial, donde la producción de bienes era la actividad reinante sino también en la creciente actividad de prestación de servicios.

Las organizaciones públicas comenzaron a admitir técnicas de medición de aprovechamiento de recursos y el tercer sector también lo hizo.

Las metodologías de relevamientos y mecanismos administrativos de síntomas y diagnósticos, toma amplia utilización en la sociedad norteamericana, para todo tipo de usos y se pretende difundirlas en el resto de los países americanos. En ocasiones se ha señalado la exacerbada utilización de metodologías que mediante formularios “multiple choice” pretenden reflejar situaciones complejas, donde es evidente el escaso alcance de la herramienta.

El know how toma gran importancia en todo sentido, es un componente de alto valor, cuando se tienen los recursos y se pretende un resultado, y en este sentido se reconoce como el factor diferenciador entre dos organizaciones que cuentan con los mismos recursos, pero obtuvieron diferentes resultados.

El fuerte contenido de técnicas de know how, en la carrera de ingeniería mecánica es una característica única en las ingenierías, pero no es la única.

En la carrera de Ingeniería mecánica se reconocen claramente contenidos, formación de aptitudes y competencias de alto valor agregado.

1- La visión de conjunto para armonizar los recursos de la organización, implica conocimiento de personal, técnicas grupales y de capacitación, evaluación de desempeño, gestión de energía, materias primas, insumos y su sustentabilidad, leyes, política, economía, geografía económica etc.

2- La presencia del emprendedorismo, en el curriculum, es un importante valor agregado, ya que tradicionalmente los ingenieros estaban preparados para ser personal altamente capacitado en relación de dependencia pública o privada. Con esta particular visión, no solo se rompe con esta tradición, sino que se ingresa en un campo que fue reclamado por graduados y estudiantes durante años: los ingenieros como generadores de empleo, en lugar de ser solo, el personal más empleabe.

3- En cuanto a la sustentabilidad, se considera tanto la económica como la de los recursos naturales, a diferencia de las otras especialidades donde la carga horaria se centra en los conocimientos específicos de la disciplina, haciendo abstracción, o poniendo poco énfasis, del entorno económico y natural que posibilita los desarrollos.

Estas características hacen de la carrera de ingeniería mecánica una referencia para innovaciones en otras especialidades, donde es necesario considerar los cambios producidos durante los años de transformaciones económicas tanto locales como mundiales.

Los cambios mundiales dictaron tendencias que generaron en muchos casos versiones locales distorsionadas. Las implementaciones en el exterior, en algunos casos ejercieron influencias indirectas que se incorporaron a políticas en vigencia generando contradicciones.

Primeramente con los años de privatizaciones en permanente discusión, neoliberalismo a mercantilismo salvaje, crisis, retorno a la economía exportadora y en cierta forma con protección selectiva, el mercado para el desarrollo laboral de los ingenieros quedó tan complejo, que resulta todo un objeto de estudio y consulta para los discentes de los últimos niveles como graduados recientes y no tan recientes.

Esta situación actualmente no se reduce a nuestro país sino que la complejidad se instalado fuertemente en el contexto mundial, en una combinación de crisis económica coexistente con una oferta de productos de países orientales, principalmente China, el cual esta cuestionado por no respetar los estándares de cantidad y condiciones de trabajo para el personal. A estos cuestionamientos se suman, la utilización indiscriminada del medio ambiente como si fuera un recurso inagotable.

Lejos de complejizar el mercado de trabajo del ingeniero, este contexto, para algunos, podría estar proyectando una demanda más que una exclusión. Si bien consideramos que esta situación hay que verla como una gran oportunidad, el buen desempeño en este clima se hace crítico.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Con este diagnóstico o descripción de la detección de esta necesidad podemos entonces definir el problema claramente, considerando primero la gran importancia que le dio la CONEAU en sus recomendaciones de primer análisis de documentación previa a la visita de auditoría de pares evaluadores para fortalecer los contenidos de asignaturas de tecnologías básicas, que provean los conocimientos tecnológicos sobre la caracterización de los activos que en general utilizan las empresas industriales y de servicios. Siendo éstos principalmente maquinaria, dispositivos, sistemas, etc. de proceso, almacenamiento y de transporte, CONEAU requería incorporar y así se hizo, asignaturas orientadas a las soluciones de problemas de diseño.

La vinculación entre grupos de materias está relacionada con los conocimientos tecnológicos necesarios para comprender el funcionamiento de los sistemas, del contenido curricular de las asignaturas de tecnologías aplicadas.

Por lógicas razones didáctica-pedagógicas las aproximaciones a la comprensión del funcionamiento e interacción de componentes y de fenómenos mecánicos, eléctricos, etc., tratados en las tecnologías básicas y aplicadas, tanto por los textos como las ejemplificaciones expuestas por el docente, son desarrolladas con esquemas simplificados, genéricos y adaptados para introducir al discente en la temática. Esta práctica ofrece un gran valor agregado en esta etapa y es ampliamente aprovechado

por el estudiante y el docente, lo cual le permite a ambos incursionar en diferentes esquemas funcionales complejos incluyendo simultáneamente conceptos de mecánica del sólido, de fluidos, electricidad, resistencia de materiales y sus tratamientos térmicos, etc. con un claro objetivo de presentar el "análisis de un sistema".

Se produce aquí la transposición didáctica, donde en primera instancia se presentan los contenidos de la materias de Tecnologías Básicas, valiéndose de los conocimientos previos adquiridos en las materias de Ciencias Básicas y luego, la segunda transposición didáctica, donde se presentan los contenidos de las materias de Tecnologías Aplicadas.

Las representaciones esquemas y modelos matemáticos teóricos, con simbología proveniente de las ciencias básicas, y de la propia tecnología son herramientas de suma utilidad en la etapa inicial introductoria para transmitir el conocimiento del fenómeno, despejando las influencias externas que complejizan en extremo la actuación de las variables con el fin de que no se transforme, el fenómeno a enseñar, en una "caja negra" para el discente.

En este contexto y en la vida profesional el ingeniero se encuentra en una situación, cuya complejidad, lo lleva a evaluar primeramente el fenómeno prevaleciente en el sistema que está analizando y es común utilizar "hipótesis simplificativas" para despejar el problema de detalles de mediana o poca intensidad pero con alto riesgo de confundir el proceso de identificación de la o las variables que gobiernan ese sistema y sus dependencias. Por lo cual resulta también rico en este aspecto.

Pero encontramos una distancia considerable entre el aspecto exterior, en las formas reales, actuales y en las funcionalidades de esos dispositivos, máquinas, sistemas etc. que serán el escenario de trabajo del futuro graduado, objeto de sus estudios y la información gráfica visual que compondrá su entorno.

Siendo la forma, fisonomía, aspecto exterior, etc., el medio por excelencia de reconocimiento visual de activos y sus características, y siendo utilizado profusamente por quién a recolectado experiencia, confirmando su validez, es que consideramos debe ser cubierto por un contenido específico y deliberado dentro de la carrera.

Esta distancia, pensamos que puede representar un obstáculo, en el momento de tomar contacto con los activos y materializar en apariencia, un campo del conocimiento que no se ha cubierto convenientemente durante el cursado de la carrera. Este espacio, supuestamente desconocido, deberá ser explorado por el graduado, hasta lograr consolidar un hilo conductor entre los conocimientos teóricos adquiridos y las aplicaciones reales que observa en su ámbito.

Esta tarea constituye otro factor de complejidad en el largo proceso de construir experiencia, y más urgentemente familiarizarse con una organización, sus medios materiales y la sinergía que se espera proponga el graduado, entre ellos.

3. TRATAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta necesidad de acercar al estudiante la posibilidad de familiarizarse con los activos que producen las trasformaciones estudiadas en la carrera, podríamos proponer la organización de un calendario de asistencia a diversas plantas y empresas en general para que in situ se pueda iniciar el desarrollo del aprendizaje del proceso propuesto.

Como beneficios podríamos mencionar que se complementaría en forma directa, frente al activo en cuestión, con los conocimientos adquiridos en campo, mediante su participación en la Práctica Profesional Supervisada, (PPS), en los trabajos prácticos de algunas materias, que requieren el tratamiento de un caso real, en las pasantías que podría haber participado el estudiante, en el desarrollo de la Tesina de Grado, etc.

Como desventajas podemos señalar que el tiempo insumido, las oportunidades de visita no siempre abundantes, los inconvenientes legales para el ingreso como lo seguros, y las cuestiones y costos logísticos, serían un inconveniente difícil de salvar. Adicionado a esto es que desarrollar animados intercambios de opiniones en sectores operativos, no es suficientemente cómodo ni un lugar adecuado.

Nos encontramos frente a la necesidad de utilizar medios audiovisuales en un aula con abundante información y un clima tanto físico como espiritual positivo.

Ocuparse del tratamiento de este tema implica imaginar la generación de un clima áulico o ambientación propicia para incentivar la participación y opinión de los discentes sin afectar la impronta de tratamiento, lenguaje, y consideraciones entre docente-alumno cercano al de colegas [2].

Es decir que se promueve la comodidad y flexibilidad en favor de la participación, con la precaución de mantener el desarrollo de la reunión en un marco de relación entre colegas [3].

Se pretende desarrollar un proceso de intervención [4], considerando los aspectos señalados como principios orientadores: adecuación a la formación personal de los sujetos que participan, el alumno como centro de las metas didácticas, el hombre como sujeto en un contexto socio-cultural-ecológico, es el motivo de los esfuerzos educativos, y considerando el trabajo no como un fin, sino como un medio para alcanzar la realización integral humana.

El conocimiento que es intención transmitir, se propone se inscriba, dentro del ordenamiento de los saberes: como saber hacer, por su directa relación con la práctica profesional y los elementos que crearán el escenario del graduado, la utilización y mención explicita de la asignatura de donde proviene el conocimiento base y se desarrolla sobre esta base. Y también se inscribe dentro del “saber ser” por el tratamiento y lenguaje propio entre colegas que se propone para el seminario, tratando de crear una situación simulada de discusión, en la resolución de un caso real.

Este propósito se persigue con la intensión de lograr una relación docente-alumno y alumno-alumno similar al clima de trabajo y tratando en lo posible de promover la inter-actuación entre los discentes, especialmente considerando que el contenido se pretende que tenga el carácter integrador, con utilización de los conocimientos adquiridos en las asignaturas del grupo tecnologías básicas, como fuente de recuperación de conceptos y leyes de actuación primeramente individual y vistos en tecnologías aplicadas posteriormente, en la intención de conectar ambas y develar las características operativas de una maquinaria, que se encuentran bajo forma, fisonomía, rasgos, aspecto, tamaño, etc. dictado por la práctica de la fabricación, el mercado, lo hostil o amigable del entorno, las modas, las normas, etc. pero que cumple con todos los conceptos vistos en esas asignaturas, aunque exteriormente se muestre como un texto escrito en un idioma desconocido.

Para salvar este déficit, cubrir las expectativas sensitivas del graduado, satisfacer la necesidad de la materialización de los conceptos estudiados, en un ingenio que procese la materia prima como lo ha visto en los contenidos curriculares, proponemos un espacio curricular con características particulares, ya que en el mismo, incluimos diversos recursos que convergen en una situación simulada de ejercicio profesional.

Este esfuerzo educativo no estaría completo sin poner a disposición del discente una metodología sencilla y práctica, utilizable en los casos que se presenten, para que pueda entablar una relación de entendimiento con una maquinaria que inicialmente se muestra muda, cerrada, misteriosa, pero que en realidad no puede sino ser algo de lo que se ha estudiado, con la diferencia de tener un aspecto que no es familiar ni asimilable al conjunto de fisonomías que el graduado guarda en su memoria.

Las variables que influencian sobre la morfología del capital industrial que vemos en el mercado de trabajo las podríamos resumir en:

El aspecto exterior característico de los equipos más utilizados. (Historia y costumbres)
Objetivos que se persigue en esos diseños.
Características distintivas según el país o la región de origen de la maquinaria.
Características distintivas según las marcas clásicas.
Parámetros de observación para estimar su estado de conservación.

Esta habilidad o conocimiento basado en la asociación de la memoria visual con la auditiva que se pretende explotar, es requerida por el graduado para su ambientación en lugares de trabajo. El ejercicio y apoyo en estas dos memorias se propone realizar mediante la proyección de las fotografías y videos de maquinaria que se encuentra acumulada en los archivos del equipo de docentes-investigadores y prestadores de servicios de ingeniería, que hace esta propuesta y aquella que sea necesario adicionar para enriquecerla y diversas fuentes, como la misma información que está interesado el fabricante y/o vendedor, en difundir a sus futuros clientes. Estas imágenes son los disparadores de las preguntas, comentarios, relaciones y rescatadores de temas vistos en las asignaturas de tecnologías, tarea que el docente se encargará de generar este clima que podríamos llamarlo "reacción en cadena".

También es necesario considerar la importancia que tiene incentivar la memoria visual del discente acompañando con los comentarios descriptivos y el análisis de esa descripción demostrando la posibilidad de obtener gran cantidad de información mediante recorrida visual crítica del bien en cuestión. Podríamos denominarlo desarrollo del "ojo clínico" o "pericia clínica" en su sentido amplio, es decir incentivar el desarrollo de la habilidad de identificar, interpretar y deducir dentro de un campo de aproximación, con buen criterio, conocimiento y destrezas para utilizar detalles determinantes, y procesarlas para describir y conocer las características de una maquinaria o bien en general.

4. DISCUSIÓN

No es conveniente interpretar la existencia de este seminario como un recurso de último momento para compensar supuestos déficits de otras asignaturas, sino por el contrario, pensamos que representa una oportunidad de alto impacto en el conjunto de conocimientos memorísticos audio visuales que el graduado llevará en los períodos de ambientación, tanto como ingeniero recientemente graduado, como en su posición específica dentro de la organización.

Es importante analizar la pertinencia y compatibilidad de temáticas incluidas en forma de seminarios en la asignatura Seminario Profesional o materia electiva, que se complementan para contribuir en la evaluación de la pertinencia y homogeneidad de la propuesta.

Las metodologías audiovisuales se adaptan a estos casos donde el mayor valor agregado lo vemos en la percepción sensorial visual del estudiante, estimulado por la discusión o análisis planteado alrededor de dos o tres fotografías proyectadas por caso con buen tamaño y definición, relacionadas con el tema en cuestión. Luego de haber desmenuzado adecuadamente los aspectos concernientes a la identificación del activo, sus partes, las relaciones con los mecanismos estudiados, las menciones de diferencias y similitudes, sus otras características se procede a pasar a otro caso.

El protagonismo en algunos casos y la participación en la mayoría de ellos, mediado por el docente que actúa como activador del intercambio, guía y moderador, es clima propicio para llevar una dinámica adecuada.

No se pretende cubrir todos los casos posibles, es más no sería factible, lo importante es planificar dentro de una factibilidad realizable, los casos más representativos, y a pedido de estudiantes interesados desarrollar búsquedas específicas, para exponer en reuniones subsiguientes. La evaluación del seminario, está relacionada con la consecución de la cobertura de casos clásicos y muy importante también es señalar una metodología sencilla que pueda ser aplicable en cualquier

caso por el estudiante o graduado para poder lograr una imagen radiográfica mental de los componentes y sus funciones en activos industriales principalmente, o cualquier tipo.

La demostración de una manera de analizar una maquinaria es de medular importancia, ya que es lo que se apropia el estudiante como sistema funcional, utilizable en los contextos habituales.

5. FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN

En la implementación de este seminario como materia electiva se deben considerar las siguientes etapas:

Propuesta del proyecto al Consejo Departamental para su consideración y luego su tratamiento en el Consejo Directivo de la Facultad.

Denominación:
Las denominaciones propuestas son:

Conocimiento Topográfico de Activos Industriales
Conocimiento Morfológico de Activos Industriales
Conocimiento de Activos Industriales

Planificación del seminario:

Duración en horas: la disponibilidad de horas para desarrollarlo, depende en gran medida de la cantidad y extensión de los seminarios en vigencia, lo cual no representa un inconveniente para la puesta en funcionamiento del mismo, ya que el contenido es ajustable al tiempo disponible. Igualmente planificamos:

Horas: 6 Hs. Semanales
Longitud: 96 horas total cuatrimestre.

Compatibilidad con los objetivos generales y específicos:

Los objetivos generales de la asignatura están establecidos en la correspondiente ficha descriptiva de que se adjunta en el anexo. Podemos en este caso señalar las compatibilidades de este seminario propuesto con esos objetivos de afianzar los conocimientos para la elaboración de la tesina de grado y adquirir el conocimiento y el dominio de la gestión Integral de Proyectos y sus aplicaciones en cualquier tipo de organización.

Igualmente encontramos en los Objetivos Específicos:
Conocimiento a alcanzar:
Colabora con los conocimientos necesarios para las comunicaciones de informes científicos, académicos y profesionales.
Alto grado de pertinencia en el manejo de herramientas para gestionar proyectos.

Capacidades a promover:
Provee importante información para el gobierno de los límites, selección y jerarquización de fuentes de información.
Provee información concreta para aplicarla a los análisis de calidad, productividad, y conductividad.
Provee conocimiento para el dominio de técnicas de mejora de diseños e intervenciones de mantenimiento.

Aptitudes a desarrollar:
Adiciona elementos de juicio para enriquecer la visión holística del graduado.
Complementa la información necesaria para seleccionar productos con responsabilidad social.

Aporta un elemento de muestra, que en el análisis de un equipamiento industrial, como producto del trabajo de la organización, es representantes de la misma y comunica sus pensamientos y cultura.

La evaluación:

Encontramos criterios convergentes entre la ficha descriptiva de la asignatura y el proyecto de este seminario profesional de Ingeniería Industrial. Esto se da, en la comparación de la metodología de la enseñanza aprendizaje y el sistema de evaluación, al proponer estimular la participación y los conocimientos previos, como así también, los conocimientos provenientes de las materias que constituyen el "background" técnico del estudiante, evaluando su protagonismo.

El aprovechamiento de los conocimientos en a elaboración del Ante-proyecto de Tesina.

La defensa del mismo en cuanto a la confianza que le proveyó el conocimiento de los activos de las organizaciones.

Equipo docente y equipamiento didáctico necesario:

El equipo docente para motorizar las reuniones, es deseable que tenga gran experiencia en el trabajo con activos industriales y de otras actividades igualmente importantes y pertinentes para el ingeniero industrial.

Estas actividades, fuera de lo netamente industrial, comprenden servicios de transporte, logística, estaciones terminales como aeropuertos, puertos y terminales de medios terrestres.

Es deseable también, contar con la experiencia en la participación en proyectos de ingeniería en nuevas implantaciones y cambios de maquinaria con gran despliegue de recursos de movimiento y traslado de activos.

La experiencia y oficio que seguramente caracterizan a un docente con competencia para guiar las reuniones, colaborarán en gran medida para que la información gráfica que con seguridad, por tratase de un docente con amplio ejercicio en el campo profesional como consultor, posee, sea volcada al contenido de seminario.

El equipamiento didáctico necesario se compone de:
Aula con posibilidad de modificar la posición de los bancos e Internet WiFi.
Notebook.
Cañón proyector.
Pantalla de proyección.
Fuentes de información y compaginación de temas

Dado que la asignatura tiene una clara metodología audiovisual, las fuentes de información provienen principalmente de dos orígenes: los archivos fotográficos y videos de la materias de tecnologías aplicadas y la información disponible que se encuentra en la Web, la cual es muy abundante tanto en fotografías como en video y es acompañada por información técnica descriptiva de gran valor para complementar las imágenes.

Debido al interés del fabricante de llegar a su cliente por medio del canal más rápido y económico como es la Web, en ella encontramos gran cantidad de información, que con el correcto tratamiento y buen criterio experimentado del docente, es posible hacer una selección y clasificación totalmente compatible con los objetivos del seminario que se está proponiendo. Igualmente interesante es la posibilidad de digitalizar información que se encuentra solo gráficamente, por su vigencia o por su valor didáctico.

El material a presentar:

Es importante que se ejemplifique con activos de alta probabilidad de ser encontrados por el graduado en el desarrollo de sus actividades profesionales. Preferentemente se sugiere utilizar tecnología de uso frecuente en la Provincia de Córdoba, ya que no será posible, considerando el tiempo disponible para los seminarios, y una recorrida exhaustiva por todas las posibilidades de actividad en el ámbito nacional.

En este aspecto se propone no descuidar las grandes explotaciones en el territorio nacional que nos caracterizan como grandes productores mundiales, aunque éstas no se encuentren en el territorio provincial. Ejemplo de estas actividades económicas son extracción y destilación de petróleo, fabricación de acero, fabricación de productos textiles, industria pesquera, etc.

Es deseable también que se cuente con un vademecum de componentes industriales para que sea posible profundizar en determinados conjuntos que puedan despertar particular interés en los estudiantes.

Por ser característica de la industria de la Provincia de Córdoba, y proveer buena información respecto de medios de producción consideramos especialmente:

Recolectar, seleccionar y clasificar material fotográfico digital o digitalizado en su defecto, de factorías, instalaciones, maquinaria, dispositivos, conjuntos, partes individuales, soluciones, etc. pertenecientes a la industrias locales preferentemente o del exterior que tengan aplicación en las actividades enumeradas más abajo, si ser esta lista exhaustiva ni excluyente.

Industrias:

- Láctea
- Frigorífica
- Cementera
- Terminal Automotriz
- Subsidiaria Automotriz
- Minera de baja intensidad
- Aceitera
- Manicera
- Alimenticia
- Construcción
- Vial
- Maquinaria agrícola
- Petroquímica
- Metalmecánica en general.
- Generación eléctrica.

En el vademecum de componente deberemos incluir:

Equipos de transportes de sólidos.
Equipos de transporte de líquidos.
Procesadores por medios físicos y químicos.
Máquinas de arranque de viruta.
Máquinas por deformación de acero en frío
Máquinas de proceso de deformación de acero en caliente.
Edificios y sus instalaciones.

Serán igualmente altamente valorados los videos con los que actualmente se cuenta y toda aquella información en forma de video, simulación o animación que tengan pertinencia para los temas planteados.
La información gráfica estática y de video deberá ser respaldada con información escrita, asegurando la veracidad y exactitud de las descripciones, de los tipos de funcionamientos y en general la información técnica y económica que complemente las imágenes.

6. REFERENCIAS.

[1] CHEVELLARD, Y. “La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado” (Año 1998). Buenos Aires: Aique.

[2] MORAN OVIEDO, P. “La docencia como recreación y construcción del conocimiento” (Año 2004). México: Perfiles educativos VOL. XXVI Nº 105-106

[3] SHULLMAN, L. “portafolios del docente: una actividad teórica” (Año 2003). Buenos Aires: Amorrortu.

[4] PAEZ R.O. “Didáctica conceptual en el sistema universitario” (2007) Córdoba Anábasis.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

"El Carácter integrador en la enseñanza de la confiabilidad en la carrera de ingeniería mecánica"

Martínez Osvaldo; Conte, Daniel; Diaz, Luis; Zorzoli, Eduardo

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
Ciudad Universitaria, Córdoba X5016ZAA
dconte@industrial.frc.utn.edu.ar

RESUMEN

Cuando se enseña confiabilidad, estamos ingresando a un campo del pensamiento de sistemas que merece ser aprovechado en varios aspectos para recorrer los conocimientos que en esa etapa esperamos se encuentren consolidados en el discente. El estudio de la Confiabilidad, tiene una variedad de enfoques y de aprovechamientos que le otorgan la virtud de poder ser utilizado con multiplicidad de objetivos.

En el proyecto de investigación de FIABILIDAD INTEGRAL desarrollamos el modelo de composición de la confiabilidad en: Fiabilidad, Mantenibilidad y Soportabilidad, los tres conceptos relacionados con productos, instalaciones, organizaciones y mercados. Este trabajo propone utilizar una disciplina integradora que permite recorrer los contenidos, relacionarlos con los conceptos tomados como eje temático y reflotar los conocimientos provenientes de las ciencias básicas, tecnologías básicas y tecnologías aplicadas.

El error humano también está considerado con el fin de hacer comprensivo el estudio y no poder soslayar de ninguna manera a la persona inserta en el medio industrial.

Otro aspecto rico de este proceso son los temas emergentes durante la enseñanza que se conectan con las diversas formas de la práctica profesional.

El trabajo ofrece una herramienta cuya temática se sustenta por su importancia particular, pero permite el ejercicio integrador con mucha facilidad ya que su contextualización es casi natural

Palabras clave:

1. INTRODUCCION A LA ENSEÑANZA DE LA CONFIABILIDAD

La confiabilidad inicia su desarrollo durante la segunda guerra mundial y podemos decir que en el año 1945 se utilizan métodos avanzados para estimar probabilidades de fallas y expectativa de vida en componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos usados en “la defensa y la industria aeroespacial”. En 1970 la Ingeniería de la Confiabilidad deja de ser exclusividad de “la defensa” y se aplica a plantas nucleares de generación de energía y posteriormente se generaliza su uso en plantas refinadoras de petróleo, químicas y petroquímicas. En un gran esfuerzo para combinar el cálculo estadístico con la teoría de las probabilidades, se gesta la disciplina de la Ingeniería de la Confiabilidad, pero el avance significativo y decisivo se produce a partir de la profundización en la naturaleza aleatoria de los mecanismos de daño, los cuales son causa raíz de los deterioros y fallos.
Uno de los atributos de calidad más importantes, tanto, de los productos como procesos (sin diferencia en su complejidad) es su confiabilidad. La confiabilidad es la capacidad del producto o proceso de mantener las propiedades requeridas en los límites dados y bajo las condiciones de trabajos dadas. La confiabilidad depende de muchos aspectos, las máquinas y equipos utilizados, de la elección correcta del material, del uso y unión de cada uno de los elementos y cadena procesos, la capacidad de la mano de obra y de las condiciones laborales. La confiabilidad se indica por un valor numérico dados por los indicadores normados de confiabilidad.
La evaluación de confiabilidad se basa en el uso de la probabilidad y estadística. La confiabilidad tiene su aspecto clave, en la etapa de planeamiento y desarrollos del sistema productivo. Con la aplicación de métodos de análisis de confiabilidad se puede alcanzar en la etapa de planeamiento la elección adecuada procesos y de la disposición de construcción de los parámetros requeridos de confiabilidad según el tipo de producción que se desee.

No basta evaluar el producto desde el punto de vista de la confiabilidad, sólo como funciona / no funciona (explotación sin averías / avería), sino que también, hay que evaluar su proceso de concepción y su viabilidad técnica y económica, y la seguridad que va a necesitar el operador.

Actualmente, la confiabilidad, además de tener aplicación en todo tipo de procesos industriales, se ha convertido en una herramienta indispensable para la gestión moderna del diseño, construcción, operación y mantenimiento de las principales tecnologías existentes.

Estos son algunos rasgos generales, tareas que se deben realizar para obtener sistemas de producción y organizaciones confiables.

- Evaluación de confiabilidad de los procesos
- Análisis de riesgos (técnicos/productivos, económicos y de seguridad/higiene)
- Planes de acción (para optimizar la calidad, productividad y seguridad de los operadores)

A la hora de evaluar la confiabilidad debemos tener en cuenta la evaluación y selección, como herramientas claves del éxito de la gestión.

- Análisis de confiabilidad de los equipos tecnológicos, sistemas de mando y sistemas de alimentación eléctrica.
- Selección de los indicadores de confiabilidad adecuados y sus valores requeridos para los equipos demandados.

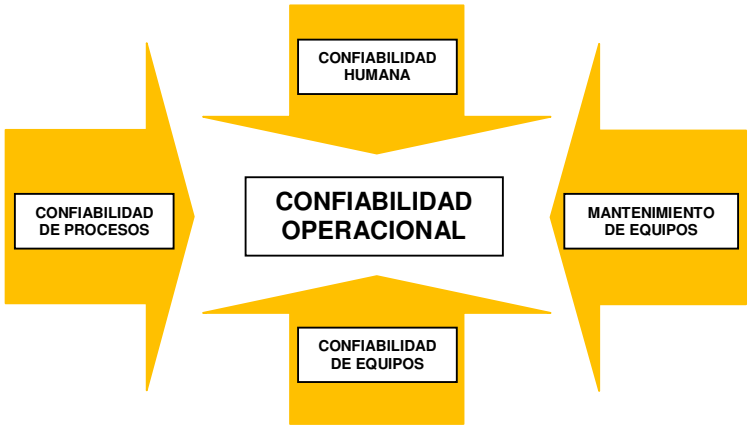
2. OBJETIVOS DE LA ENSEÑANZA DE LA CONFIABILIDAD

La enseñanza de la confiabilidad no es solo un conjunto de técnicas y métodos, sino que existen factores dinámicos en este proceso que van más allá de los mismos. La enseñanza de la confiabilidad busca producir acción, reacción e interacción entre los individuos, permitir la organización, en torno a objetivos comunes, en donde todos se sientan participes del logro del objetivo, la confiabilidad de la organización. La cultura de la confiabilidad organizativa se dirige a la consecución de finalidades tales como:

- Fortalecer el espíritu del grupo de trabajo, lograr que cada uno de sus miembros se sientan parte activa en la búsqueda de una organización más confiable.
- Llevar al individuo a que coordine sus esfuerzos con los demás compañeros, en pos del objetivo.
- Socializar a las personas, hacerlo tomar conciencia de la necesidad de la organización en su conjunto.
- Lograr una disciplina en su comportamiento que lo conduzca a cooperar en el orden social de la organización.

3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONFIABILIDAD ORGANIZACIONAL

En toda organización intervienen 4 factores fundamentales que se presentan en el siguiente gráfico.



Es importante destacar factores fundamentales para el excelencia empresarial de una organización:

- La Gestión de Activos: como proceso global a través del cual se agrega valor a la compañía, es un nuevo modelo gerencial que implica grandes cambios en las estrategias, tecnología y recursos, y un cambio de actitud de las personas involucradas. Para conseguir los resultados deseables sobre los activos de la organización, se debe crear conciencia del trabajo en equipo dentro de la Cultura de la Confiabilidad, en la búsqueda del bien común.

- La Confiabilidad Operacional: se fundamenta sobre una aproximación de sentido común, en busca de la Excelencia Empresarial. No es ninguna formulación mágica para triunfar, pero introduce un avance sistémico y sistemático, basado en Gestión del Conocimiento, para la eliminar las fallas potenciales y el mal desempeño que afectan los procesos críticos y la rentabilidad total de la empresa.

- La Confiabilidad Humana: implica grandes transformaciones en la organización, exige una cultura del desafío y el cambio de muchos procesos administrativos, junto con la gestión efectiva de los canales de comunicación y la responsabilidad para el registro sistemático de la información. Las acciones para lograr la Confiabilidad Humana buscan básicamente recuperar el valor de las personas en la organización.
- La Gestión del Conocimiento: es la gran oportunidad de hoy para transformar las organizaciones, pero no se puede olvidar que las personas tienen emociones y sentimientos, además de conocimientos. Se debe por tanto convertir las empresas en entornos agradables de trabajo, con salas de reuniones, áreas de descanso y zonas sociales que generen satisfacción personal y mejora de las relaciones interpersonales. En últimas se debe "humanizar la organización" como requisito número uno para alcanzar el éxito.

3.1 Confiabilidad y mantenimiento de equipos

El objetivo de Mantenimiento es asegurar la competitividad de la Empresa, en alguna medida siempre es necesario aumentar la confiabilidad de los equipos; es decir disminuir la cantidad de fallas que generan interrupciones no programadas, de manera de poder entregar la disponibilidad requerida por operaciones. A la hora de llevar a cabo un **Plan de Mejoramiento de la Confiabilidad**, se debe recordar el concepto de la Confiabilidad Operacional (CO) es decir: la capacidad de una Instalación o un sistema integrado por: procesos, tecnología, y personas para cumplir su función dentro de los límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.
El primer paso para llevar a cabo un Plan de Mejoramiento de la Confiabilidad, es realizar un Análisis de Criticidad, en base al cual se seleccionaran los equipos que se incluirán dentro del Plan. Para elaborar la Matriz de Criticidades, se tendrán que considerar y ponderar, los siguientes factores, de acuerdo a la realidad de cada empresa.

- Disponibilidad y Confiabilidad requerida, para el sistema y cada equipo.
- Impacto de la Falla, en la Seguridad, de las personas e instalaciones
- Impacto de la Falla, en el medioambiente
- Impacto operacional: pérdidas por lucro cesante, multas, pérdidas de materia prima, pérdidas de producto semielaborado, pérdidas de producto terminado, horas hombre, consumo eléctrico.
- Restricciones del proceso, en que está inmerso el equipo.
- TMPR: Tiempo Medio para reparar
- Costo de reparación

Para éste conjunto de equipos, es necesario llevar adelante un análisis de la situación actual, es decir por un lado, relevar las **condiciones actuales en lasque se desarrolla su operación**, es decir:

- Régimen operativo: cantidad de horas de operación, régimen continúo o discreto.
- Condiciones operativas, presencia de medio ambiente contaminante y/o corrosivo.
- Capacidad máxima de producción de cada uno de los equipos.

Al mismo tiempo, es importante analizar la **situación actual**, a través de las tendencias de distintos indicadores, tales como:

- Disponibilidad del sistema
- Confiabilidad del Sistema
- Disponibilidad de cada equipo y componentes
- Confiabilidad de cada equipo y componentes.

Para el análisis detallado de la variabilidad del Tiempo Medio Entre Fallas, del sistema y de cada uno de los componentes, es conveniente utilizar siempre un período de por lo menos un año.
En general, en Sistemas Complejos, se estará frente a una gran oportunidad de mejora, cuando se observe gran dispersión en el indicador de TMEF. Luego de evaluar la situación actual, el siguiente paso es realizar una Revisión del Plan de Mantenimiento, de cada componente, y cada equipo, que constituyen el Sistema. Para determinar la Estrategia de Mantenimiento más conveniente a aplicar en cada equipo, se tendrá que realizar un:

- Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (FMEA), tal como ya se mencionó anteriormente, es una técnica para analizar los tipos de falla que presenta un equipo.
- Análisis de las Consecuencias de Falla, en el propio componente, en el equipo al que pertenece, y en el Sistema mismo.
- Estudio de las ventanas de tiempo disponible, de acuerdo a la Planificación de las Operaciones, para realizar las intervenciones de Mantenimiento, con equipo detenido.

3.2 Confiabilidad de procesos y confiabilidad humana

Es interesante ante todo dejar en claro estos 2 conceptos:

Confiabilidad del Proceso: falta de procedimientos claros, o procedimientos incompletos, o carencia de los mismos, o también incluso incumplimiento delos procedimientos. Este último problema asociado a carencias de supervisión y liderazgo. Algunas de las herramientas utilizadas para lograr procesos mas confiables se muestran en el siguiente gráfico:

Confiabilidad humana: falta de planes de capacitación y desarrollo, falta de sistemas de evaluación y reconocimiento, que generen el grado necesario de involucramiento y compromiso con la tarea. Algunos de los aspectos necesarios para lograr que el capital humano sea más confiable se muestran en el siguiente gráfico:

Es importante también, analizar aspectos concernientes a la confiabilidad del proceso y la confiabilidad Humana, como son los siguientes:

- Grado actual de motivación e involucramiento, del personal de operativo y de Mantenimiento.
- El grado actual de entendimiento y cumplimiento de los procedimientos operativos, fundamentalmente detallando la operación dentro de parámetros, sin generar sobrecarga en los equipos.
- El nivel actual de capacitación de los Técnicos de Mantenimiento.
- Evaluación y reconocimiento, y planes de desarrollo de los Técnicos de Mantenimiento.
- El grado actual de entendimiento y cumplimiento de los procedimientos de Mantenimiento, en caso de que los hubiera.

Esta etapa consiste básicamente, por un lado en una Revisión de los Procedimientos operativos y de Mantenimiento, elaborando instructivos de las tareas críticas, con especificaciones completas de montaje, desmontaje, tolerancias, herramientas especiales requeridas, etc. Por otro lado, una evaluación de las necesidades de capacitación, de manera de elaborar un Plan de capacitación, y por último una Revisión del Sistema de evaluación de desempeño. Como ejemplo, se puede recordar el caso, del patrón de falla A, también conocido como curva de la bañera, el cual presenta al comienzo del período de operación, una alta probabilidad condicional de falla, es decir una baja confiabilidad, misma situación ocurre en general, luego de reparaciones mayores o paradas de planta, y está asociado tanto a problemas de calidad, fallas de diseño, como errores humanos. En general los errores humanos, no son responsabilidad de las personas, sino del propio sistema, y debidos a problemas de la confiabilidad de los procesos y confiabilidad humana.

Al analizar el sistema, se identifican las carencias del mismo, de manera que es posible elaborar un Plan de acción, destinado a mejorar la Confiabilidad del Proceso y Humana. Una vez, que se ha hecho la Revisión del Plan de Mantenimiento, y el Plan de mejora de la Confiabilidad del Proceso y Humana, sólo resta, planificar y programar su implementación, implementarlo y monitorearlo a través de Indicadores de Control de Gestión, de forma de generar la sostenibilidad, y la mejora continúa.

4. FACTORES QUE AFECTAN LA CONFIABILIDAD DE UNA ORGANIZACION

Hay diversos factores que pueden afectar la confiabilidad en las organizaciones:

4.1. La improvisación – falta de compromiso de la dirección

Algunos miembros de diferentes organizaciones, incluyendo en varios casos a directivos o jefes de área creen que el desarrollo de la confiabilidad puede tomarse a la ligera. Lo cual habla del poco o nulo conocimiento de la responsabilidad que conlleva, este proceso en un entorno organizacional. Esta improvisación genera, casi siempre, herramientas poco válidas o confiables, las cuales no deben existir en una estructura que busque la mejora continua en pos de obtener la confiabilidad tan deseada. Aun a las organizaciones que cuentan con capacidad humana y económica, les toma tiempo desarrollar sistemas confiables. Es por ello que los construyen con cuidado y con previsión, para que cuando los necesiten con premura se encuentren preparados para aplicarlos, pero no los improvisan. Además, para poder construir un sistema confiable, se debe conocer muy bien las variables que intervienen y la teoría que la sustenta.

4.2. Falta de mantenimiento – planificación y falta de organización

Es impensado tener una organización con procesos confiables sin un sistema de mantenimiento de sus activos productivos, planificado y organizado. Toda buena estructura de mantenimiento de instalaciones y parque de máquinas, debe partir de una buena base documental de sus activos, cada equipo debe contar con su historial de fallos y manuales de reparación. La confiabilidad de una organización, requiere mejoras continuas, para lo cual se debe documentar toda la información que se va generando en el transcurso del tiempo, esto nos permitirá adelantarnos a la ocurrencia de hechos no deseados, como averías menores o roturas graves, dándonos la posibilidad de poder determinar con diferentes métodos de predicción el momento en que se deberán hacer los diferentes mantenimientos, considerando el estado actual del equipo y los valores de degradación de las diferentes componentes que lo integran. El equipo de mantenimiento debe estar organizado y capacitado para realizar las diferentes tareas de mantenimiento para lo cual es indispensable su continua capacitación.

4.3. Falta o ineficiente capacitación productiva - desconocimiento de normas de seguridad industrial

El desconocimiento o falta de aptitud para desempeñar un trabajo, genera deficiencias en la productividad, falencias en la calidad de los productos y grandes riesgos para la integridad física de las personas. Es primordial que la organización brinde a su personal cursos de capacitación permanentemente, para optimizar sus objetivos en la búsqueda de la confiabilidad. Así como la instrucción de como realizar una tarea en pos de mejorar la productividad, es también importante instruir a los trabajadores sobre las normas de seguridad que deben cumplir en sus puestos laborales, ya que además de la productividad, también son importantes el logro de la calidad y el resguardo de la integridad física de las personas, cuando hablamos de confiabilidad de un sistema productivo.

5. GESTIÓN DE LA CONFIABILIDAD ORGANIZACIÓNAL

En una organización hay muchos recursos puestos en juego, para lograr el mayor beneficio de los mismos, es necesario llevar a cabo una gestión criteriosa y seria de los mismos. En una estructura organizativa destacamos las siguientes gestiones:

- GESTION DE LA CALIDAD (de bienes o servicios): Se refiere a la calidad de los productos o servicios, la cual tiene una vinculación directa entre la materia prima y procesos de transformación necesario para obtener un producto de excelencia.

- GESTION DE LA CAPACITACION: Se refiere a la gestión de los recursos humanos y métodos empleados en los procesos utilizados en los diferentes sectores de la empresa.

- GESTION DE LA SEGURIDAD, HIGIENE Y CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE: Se refiere a la gestión y planificación, referida a la seguridad, higiene y cuidado del medio ambiente. Orientada a la concientización del personal y estructuración de las instalaciones (ambiente laboral), para lograr condiciones laborales más higiénicas y seguras para los empleados y el medio ambiente.

- GESTION DEL MANTENIMIENTO (de máquinas e instalaciones): Se refiere a la planificación, organización y puesta en marcha eficiente de las tareas de mantenimiento de los activos industriales , ya sea máquinas-equipos, como así también instalaciones (medio ambiente industrial) y fiabilizar la tareas de mantenimiento preventivo, correctivo y adaptativo.

- GESTION DE LA LOGISTICA: esta involucra tanto el sector de compras-abastecimiento, como la logística externa e interna de la materia prima e insumos que abastecen a los puestos de trabajo y la logística necesaria para el traslado de la mercadería terminada a los diferentes puntos de consumo.

6. VENTAJAS DE LA ENSEÑANZA DE LA CONFIABILIDAD EN UNA ORGANIZACIÓN

- En las organizaciones en donde se respira confianza, se reducen los costos de coordinación y control.
- Las organizaciones que cuentan con procesos confiables, por lo general tienen mejor imagen, consiguen acuerdos en forma más ágil y perdurables en el tiempo.
- La confiabilidad en una organización, genera un mayor sentido de pertenencia en sus miembros, esto produce mayor motivación en los equipos técnicos.
- Las organizaciones que inspiran confianza, poseen mayores posibilidades de actuación en un mercado competitivo, el plan trasciende la propia organización, generando el interés de otras instituciones, públicas y privadas por formar parte del proyecto.
- La mejora de la organización en las diferentes áreas o sectores, inspiran mayor confianza en una estructura, hacen que la imagen de la misma al exterior sea cada día mejor, generando por ejemplo mayor inversión, menores tasas de interés, mayor cantidad de puestos de trabajo.

6. CONCLUSION

En el desarrollo del presente trabajo se buscó brindar una herramienta de enseñanza que sirva de apoyo y complemento directo de los conocimientos técnicos plasmados durante el transcurso de las diferentes asignaturas de las carreras de ingeniería y tecnicaturas, que hacen referencia a la gestión de los recursos industriales puestos en juego en las diferentes organizaciones productivas de bienes y servicios. Se tomo como principal premisa, la transmisión y concientización a los estudiantes, de la cultura organizacional, de la confiabilidad y las ventajas que estas traen para la estructura de la cual forman parte de manera activa. Se trató de brindar un panorama general de los aspectos claves en el cumplimiento de los objetivos de la confiabilidad industrial, mostrando y resaltando sus factores fundamentales. Como se pudo analizar a lo largo del presente trabajo, la confiabilidad no solo depende directamente de la actitud y aptitud de los miembros del sector netamente productivo y de sus formas de proceder ante las diferente exigencias productivas, cuidados y previsiones de seguridad laboral y aspectos concernientes a las normas de calidad adoptadas por la organización, sino que también dependerá de los sectores de mayor jerarquía, quienes deberán demostrar y dar

ejemplo con sus acciones acertadas, la clara intención y dirección a la cual desean orientar a la empresa, las cuales se verán reflejadas con decisiones tendientes a la meta de lograr una estructura cada vez más confiable.

REFERENCIAS

Creus Solé, Antonio (2005): "Fiabilidad y Seguridad" - su aplicación en procesos industriales" – Barcelona, Editorial: Marcombo.

Griful Ponsati, Eulália (2003): "Fiabilidad industrial" - Barcelona, Publicación: Universitat Politécnica de Catalunya.

Ireson, Grant; Coombs, Clyde; Moss, Richard (1996): "Handbook of reliability engineering and management" – New York, Editorial: McGraw-Hill

MONCHY, Francois (1990): "Teoría y práctica del mantenimiento Industrial" –Editorial: Masson.

Nachla, Joel A., (1996): "Fiabilidad" - Madrid, Editorial: Isdefe.

www.planecrashinfo.com/cause.htm

José, R. R. (2007). Causalidad del error humano en los accidentes laborales_Modelo psicológico "Queso Suizo". Madrid, España.

Marchito, M. El error humano y la gestión de seguridad: la perspectiva sistémica en las obras de James Reason. Granada, España: Facultad de Psicología_Universidad de Granada.

Sole, A. C. (2005). Fiabilidad y Seguridad. Su aplicación en procesos industriales. Marcombo.

Sureda, J. F. NTP 620: Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano.

W. Grant Ireston, C. F. (2009). Handbook of reliability engineering and managment. McGrant Hill.

Wikipedia. (7 de Febrero de 2012). Wikipedia. Recuperado el Abril de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Fiabilidad humana.

Dearden, A.M. & Harrison, M.D. (1997) Impact and the Design of Human-Machine Interfeace. University of New York.

Ramos Antón, Arístides. (1990) Procedimiento para la valoración cuantitativa de los riesgos. Métodos de los árboles de fallos. COASHIQ, Madrid.

Gruhn, Paul. (2010) Human Machine Interface (HMI) Design: The Good, The Bad, and the ugly (and what makes them so). Rockwell Automation, Houston, TX.

Hexatec. (2002) Operator Screen (HMI) Design Guidelines. Northumberland, England.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

DESAFIOS EN UNA ASIGNATURA INTEGRADORA. "III Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica".

Haupt, Maria Cristina (1º Autor)*, Tarnowski, Gabriel Alejandro

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.
Juan Manuel de Rosas 325, Obera, Misiones, Argentina, CP 3360
mariacristinahaupt@gmail.com, haupt@fio.unam.edu.ar, gat@fio.unam.edu.ar(1).

RESUMEN

El presente resumen tiene como objetivo presentar la modalidad de dictado de una asignatura donde se genera un espacio de trabajo docentes-estudiantes, que permite trasladar un escenario profesional futuro como experiencia de aula.
La asignatura en cuestión es Proyecto Electromecánico 1, que pertenece al Plan de Estudios vigente de la carrera de Ingeniería Electromecánica. La asignatura se dicta en 4º año; es de carácter anual y pertenece al grupo de asignaturas denominadas Integradoras.
Uno de los objetivos Proyecto Electromecánico1 es que el estudiante trabaje en situaciones de carácter profesional dentro del área de proyecto de equipamientos electromecánicos, con el apoyo académico. Los contenidos temáticos se refieren a las etapas de un proyecto, proponiendo que la etapa de percepción del problema y propuestas alternativas de soluciones no sea meramente enunciativa, sino que lo "practiquen". Entre los contenidos de la asignatura se contemplan el dictado de cursos de CAD, utilizando software de diseño mecánico en 3D, cursos de CAE, utilizando software de elementos finitos, y nociones de organización de proyectos mediante el uso de Diagramas de Gantt.
Con la metodología de trabajo, desde la asignatura se aportan no solamente en el proceso de enseñanza aprendizaje la integración de los contenidos teóricos adquiridos en años anteriores, sino que vinculan la teoría con la "práctica". Otro aspecto a destacar es que con las actividades propuestas se trabajan paralelamente competencias emprendedoras.

Palabras Claves: Enseñanza, Integración, Contenidos.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se refiere a la metodología de trabajo que se plantea en una asignatura de cuarto año de la carrera de Ingeniería Electromecánica, que se dicta en la Facultad de Ingeniería perteneciente Universidad Nacional de Misiones. En el Plan de estudios 1999 (vigente) se cuenta con una asignatura de carácter anual por año de cursado denominadas asignaturas integradoras. La que da origen a este trabajo se denomina Proyecto Electromecánico 1.
La particularidad de Proyecto Electromecánico 1, es la de contar con contenidos mínimos referidos a las etapas que se definen para el desarrollo de un proyecto. En concordancia con los objetivos específicos que están explicitados en el Plan de Estudios que se transcribe a continuación:

"4.4.2 Asignaturas Integradoras.
Hoy en día se requieren profesionales que no actúen en forma aislada, sin tener en cuenta la participación de profesionales de otras especialidades. Por ello se deben preparar profesionales Ingenieros con capacidad de resolver situaciones problemáticas de su especialidad afrontando situaciones Inter. y multidisciplinarias".....
***Objetivo General**: "Formar un profesional en estrecha vinculación con la industria que adquiera durante su preparación en la Universidad, las habilidades básicas que le permitan resolver una vez graduado los problemas más generales y frecuentes de su profesión, que aprenda a resolverlos resolviéndolos, aunque deba realizarlo en esta etapa bajo la dirección y control de sus profesores, los que tienen la responsabilidad de transmitirle no sólo conocimiento, sino también una forma de pensar y actuar que caracteriza a la profesión de la Ingeniería permitiéndole al estudiante de esta forma adquirir los fundamentos del arte de hacer Ingeniería, uniendo a un pensamiento lógico bien estructurado, la capacidad creativa y el hábito de ejercer el pensamiento divergente como manifestación consecuente de la palabra Ingenio que caracteriza la profesión, otorgándole una raíz común a toda la carrera y especialidad d Ingeniería".*
Objetivos específicos:
a) Integrar, en forma horizontal los contenidos de las asignaturas que se dictan en las asignaturas del mismo nivel y vertical las dictadas precedentemente;
b) permitir trabajar a los alumnos y docentes en equipos, evitando el trabajo individual, y creando habilidades y destrezas necesarias para el futuro desempeño como profesional
c) fortalecer contenidos teóricos principales mediante la resolución de problemas reales;
d) posibilitar la construcción del conocimiento por parte de los alumnos;
e) fortalecer la vinculación de la teoría con la práctica;
f) estimular el desarrollo del pensamiento creativo.
Tanto el Objetivo General como los Específicos se relacionan en cada caso con el Perfil de cada Especialidad." [1]

Se plantea la metodología de trabajo para el cursado, ensayando trasladar el probable escenario futuro del estudiante, al aula. Con esto se pretende contribuir en formar un profesional en estrecha vinculación con la industria durante su preparación en la Universidad, que adquiera las habilidades profesionales básicas que le permitan resolver, una vez graduado, los problemas más generales y frecuentes de su profesión, que aprenda a resolver problemas profesionales resolviéndolos, aunque deba realizarlo en esta etapa bajo la dirección y control de sus profesores, los que tienen la responsabilidad de trasmitirle no solo conocimientos, sino también una forma de pensar y de actuar que caracteriza a toda la profesión de ingeniería, permitiéndole al estudiante de esta forma adquirir los fundamentos del arte de hacer ingeniería, uniendo a un pensamiento lógico bien estructurado, la capacidad creativa y el hábito de ejercer el pensamiento divergente como manifestación consecuente de la palabra "ingenio" que honra y caracteriza toda esta profesión, otorgándole una raíz común a toda carrera y especialidad de ingeniería.
La asignatura se encuentra organizada con el apoyo de un aula virtual, soportada en plataforma Moodle [2]. La Figura 1 muestra la organización de los contenidos de la asignatura dentro de esta plataforma, colocando a disposición del alumno toda la información relacionada con los contenidos de

la asignatura, el cronograma de actividades, modelos de informes y fuentes de información útiles para el estudiante.

Figura 1 – Imagen mostrando la organización de contenidos del aula virtual.

2.1 Consigna de la propuesta de trabajo.

Una de las características principales de la asignatura es que los estudiantes trabajen con un problema "abierto". La situación problemática a resolver, es planteada por el propio grupo de estudiantes que se integra voluntariamente por afinidad. La situación a resolver puede surgir de una observación del entorno que rodea a los estudiantes (industrias regionales) o de una inquietud surgida de observaciones a través de investigaciones realizadas por los estudiantes. Cabe agregar que el problema a abordar no es lo central en la asignatura, sino la forma de identificarlo, recursos que utilizaran y habilidades que se pondrán de manifiesto en los estudiantes, los que constituyen en su conjunto los ítems que se evaluará en la asignatura.

Para el abordaje del problema o necesidad planteados, desde la asignatura se incentiva que las propuestas de soluciones sean de carácter innovador, exigiendo una investigación del estado del arte en la problemática propuesta, y el incentivo al planteo de proyectos con cambios radicales a las soluciones existentes.

La Figura 2 muestra el diagrama de flujo seguido durante del desarrollo del trabajo integrador.

Figura 2 – Diagrama de flujo del desarrollo del trabajo integrador.

2.1.2 Definición del proyecto a desarrollar.

"*Por lo general, el proceso de diseño comienza por "la identificación de una necesidad". Con frecuencia, el reconocimiento de y la expresión de ésta constituye un acto muy creativo porque la necesidad quizás solo sea una vaga inconformidad, un sentimiento de inquietud o la detección de algo que no esta bien. A menudo la necesidad no es del todo evidente….."* [3]

En primera instancia se le solicita que hagan una presentación de todas las ideas acordadas; que surgen posterior a clases-talleres, donde se trabajan con técnicas (por ejemplo tormentas de ideas) para definir los posibles planteos de proyectos y alternativas de soluciones de cada uno de ellos. Esta presentación se realiza a través de un power point, ya que la comunicación de las ideas permitirá que sus compañeros puedan aportar información y/o sugerencias. Esto último pretende desarrollar habilidades en la comunicación tipo feet-back, tal cual lo expresan varios autores.

"*El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usa tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas…."* [4]

El equipo docente adopto como buena práctica invitar a estudiantes de años anteriores para exponer sus trabajos, esta experiencia es motivadora para los estudiantes que inician el cursado y por otra parte los docentes de la asignatura se comprometen a realizar una devolución al grupo que dé cuenta del grado de mejora en la exposición.

2.2 Planificación de las actividades para desarrollar la idea proyecto.

Posterior a esto se elaborará el Gantt para planificar las actividades con distribución de tareas entre los integrantes del equipo. En la Figura 3, se presenta una de las planificaciones realizada por un grupo.

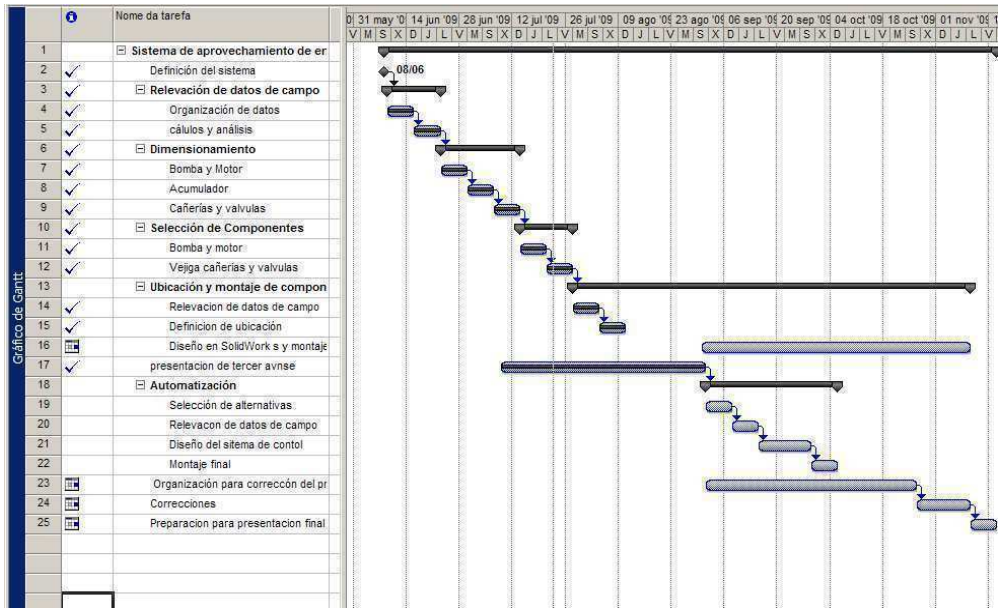


Figura 3: Planificación de actividades de una idea –proyecto.- Fuente: Sr. Diego Kelm

Esta planificación es dinámica y se va ajustando a medida que transcurre el año, conforme a los avances que se van evaluando en las clases de tutorías y posterior presentación en las fechas pautadas en la planificación consensuada en la primera clase.

2.3. Desarrollo de la idea proyecto

Debido a la diversidad de temas, según la idea proyecto presentada, cada grupo de estudiantes tiene situaciones y abordajes distintos; unos deben realizar experiencias de campo, recolectar información de empresas y/o instituciones públicas; otros realizan investigaciones en otros tipos de fuentes previamente verificada su grado de confiabilidad. En algunos casos se realizan actividades de laboratorio, con la finalidad de comprobar el comportamiento de algún material específico.

Entre los temas que se dicta con profesor invitado, está el de Diseño de Experimento, el cual permite que los estudiantes sepan la forma de realizar experiencias que sean validadas, además de saber decidir sobre los resultados obtenidos.

Toda esta información en principio está relacionada con las especificaciones y necesidades que definirán las mejores alternativas de soluciones y posteriormente surgirá a criterio del grupo la que consideren mejor.

A continuación, deben empezar a delinear su proyecto, depende la temática, los estudiantes consultan a los expertos en el tema, que pueden ser docentes de asignaturas o profesionales que no pertenezcan a la Facultad, o personas idóneas con reconocimiento por su trayectoria.

Los docentes que conforman el equipo de la asignatura, tienen a su cargo el dictado de algunos temas y fundamentalmente el rol de “Docentes Guías”, los que durante las tutorías evalúan las propuestas y sugieren los alcances que debe tener el trabajo (en función de las horas disponibles), la viabilidad de la propuesta desde el punto de vista técnico como económico (para que mercado vas a plantear tu solución? El costo es acorde? Quien es tu competidor?, esto a modo de ejemplo), etc. No imponen sus ideas.

Un tema que se desarrolla en la asignatura es el dictado de cursos de CAD, haciendo uso de software de diseño mecánico en 3D [5], cursos de CAE [6], utilizando software de elementos finitos, y nociones de organización de proyectos mediante el uso de Diagramas de Gantt (ejemplo de este último aparece en la Figura 3). Los Programas de Diseño asistido por Computador, permiten hacer

usos de esta herramienta no solamente para facilitar dibujar las piezas componentes de los diseños de equipos sino que también puedan verificar el comportamiento de elementos que fueron dimensionados con alguna de las teorías estudiadas. Si se da la posibilidad aplican animaciones para realizan movimientos de mecanismos, etc.
Excepto lo mencionado en el párrafo anterior, los demás saberes que utilizan para desarrollar el proyecto han sido aprendidos con anterioridad, a través de las asignaturas que han cursado o están cursando. Como ejemplo, se puede observar en la Figura 4 el resultado de la aplicación de conocimientos de la asignatura "Modelación en Ingeniería", al estudio del problema de emisiones de CO_2 en un trabajo desarrollado en el año 2009 (se ha utilizado matlab [7]. La Figura 5 muestra el trabajo presentado por un estudiante, como resultado del uso de Programas de Diseño asistido por Computador, al inicio del cursado de la asignatura Proyecto Electromecánico 1.

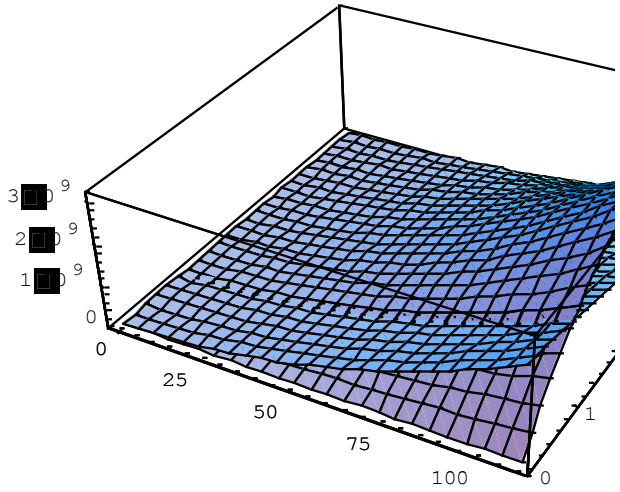


Figura 4: Diagrama que da idea de la potencia y energía en función de la cilindrada de una bomba hidráulica en conjunto con un acumulador en función del tiempo. Fuente: Diego Kelm

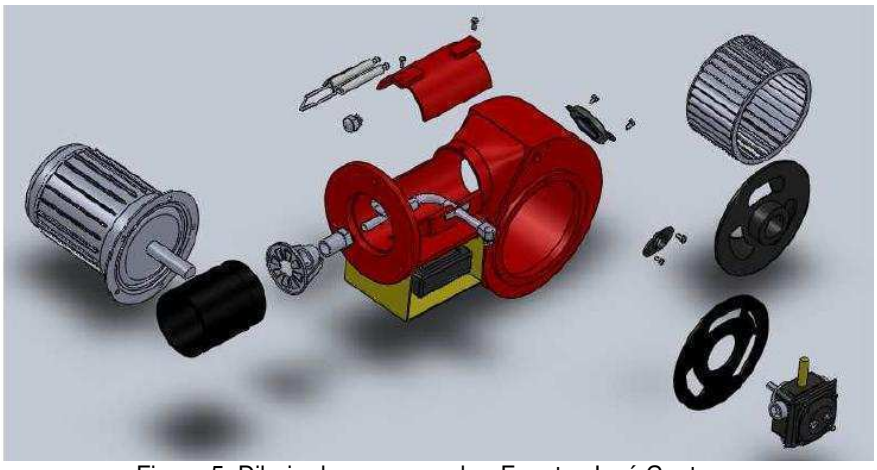


Figura 5: Dibujo de un quemador. Fuente: José Cantero.

Cada grupo, al final el cursado presenta el informe Final en Word (elaborado según una plantilla que el estudiante tiene disponible en el aula virtual, (ver Figura 1, Dentro de "*Material de la Asignatura*" se encuentra disponible el Modelo para Informe) y una presentación final en power point que se expone en la última clase.

Completando el desarrollo de la idea proyecto, se le solicita un análisis económico de la propuesta, en realidad ya se le solicita un pequeño análisis para ver la factibilidad técnico-económica que tiene su propuesta de solución.

2.4 Evaluación

Los docentes realizaran una evaluación continua del avance de las actividades y la actualización del Diagrama de Gantt a medida que se desarrolla el proyecto. Otro aspecto a destacar es que no solamente se fijan metas parciales, sino que en la planificación inicial se suponen tiempos y distribución de tareas, que no siempre se ajustan a lo que sucederá en el transcurso del cursado; ya sea por haber supuesto actividades que se consideraron más sencillas o no se tuvieron en cuenta los tiempos de consulta a terceros.

La calificación final surge del promedio de las notas: a) del trabajo solicitado por el docente que dicta el tema de Programas de Diseño asistido por Computador, b) una nota de la exposición final del trabajo desarrollado durante el año; c) nota conceptual de lo actuado durante el año.

2.5 Resultados

En la Figura 6 y en la Figura 7 se ejemplifican el avance del proyecto con diagrama de flujo, mostrando al final el resultado del desarrollo del proyecto.

En el ejemplo de la Figura 6, se muestra el desarrollo de un sistema de automatización del cortado de troncos, para la construcción de cabañas de madera.

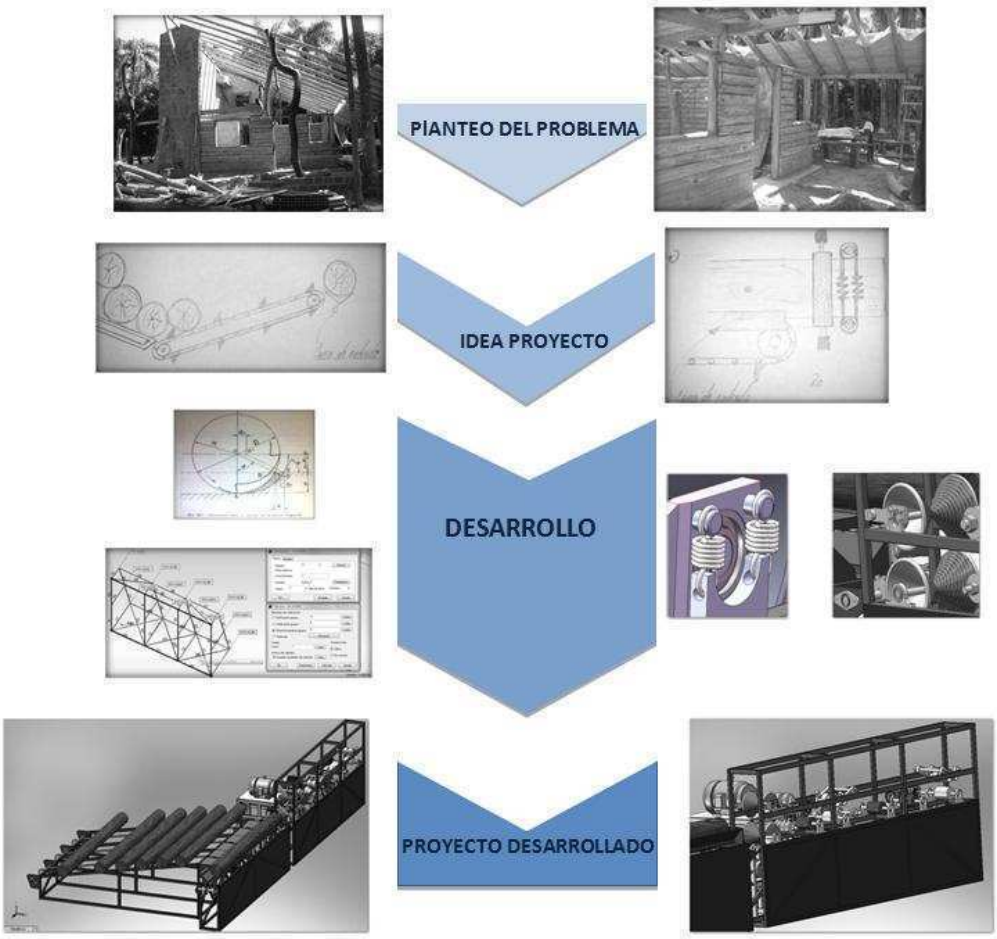


Figura 6 – Ejemplo de desarrollo. Proyecto “Cortadora automatizada de troncos para construcción de cabañas”, año 2009. Alumnos: ALFONSO, Marcos Aurelio; DI CIANNI Gabriel; LORIO, Diego Andrés.

Como planteo inicial del problema, este grupo observó la necesidad de mejorar los tiempos de instalación de cabañas confeccionadas principalmente con troncos. La instalación de estas cabañas es realizada por una empresa de la región.
Al definir el problema, se estudiaron varias alternativas, como muestra la etapa "Idea Proyecto", en la que se permite que esbocen las ideas con libertad de expresión, plasmándolas generalmente en croquis a mano alzada.
Durante el desarrollo de este proyecto, los alumnos utilizaron principalmente herramientas de CAD y CAE, diseñando en 3D las partes componentes del sistema de corte de troncos, y verificando la resistencia de las estructuras principales, que previamente han sido dimensionadas de acuerdo a una teoría de roturas seleccionada con las hipótesis adoptadas.
Al final del proyecto, muestran las instalaciones diseñadas en 3D para atender la necesidad planteada inicialmente, como problema a resolver.
Como segundo ejemplo, se muestra en la Figura 7 el proyecto surge ante la idea de recuperar la energía liberada durante la acción de frenado y aprovechar inmediatamente después en el momento de acelerar, logrando de esa manera disminuir el consumo de combustible, de los colectivos urbanos.

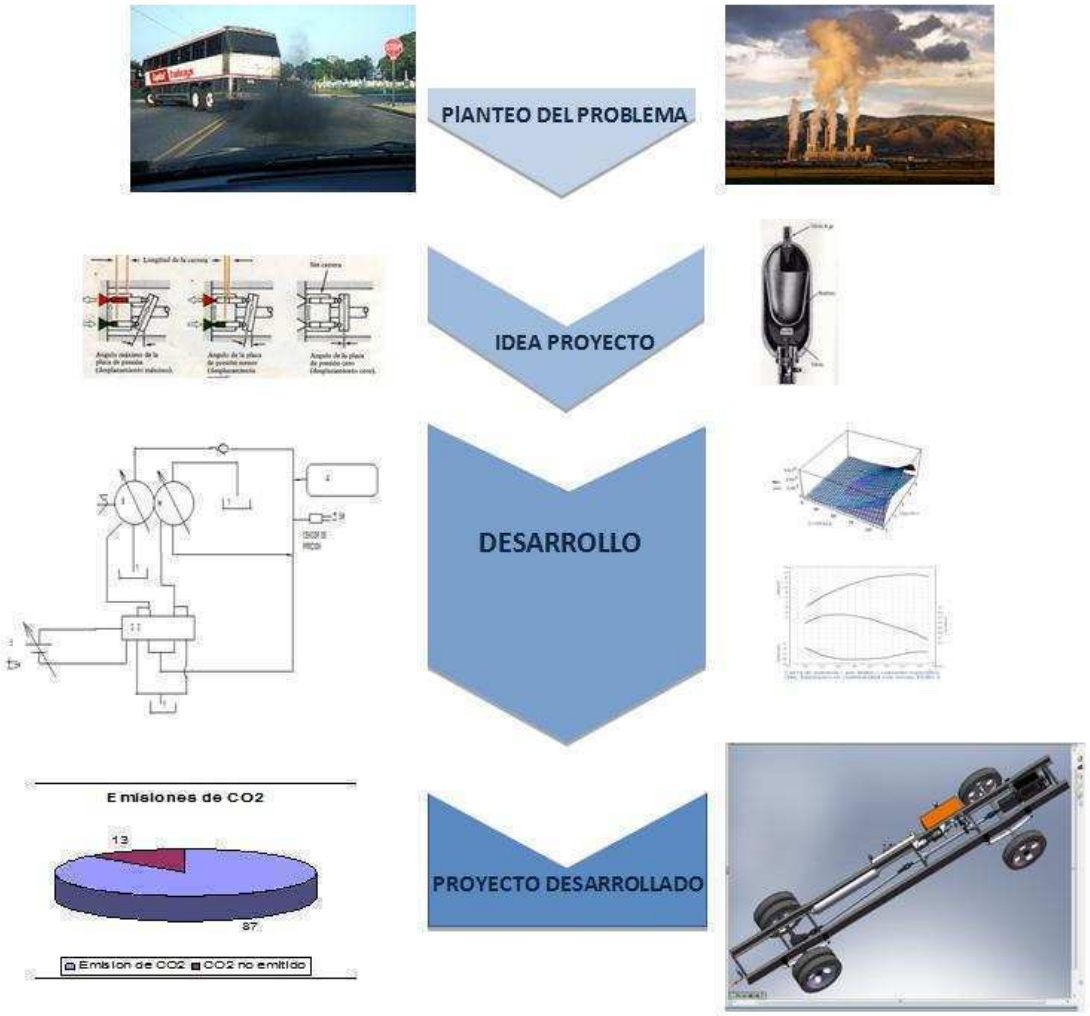


Figura 7 – Ejemplo de desarrollo. Proyecto "Sistema de Acumulación de Energía", año 2009. Alumnos: KELM Diego Ariel, RITTER Hugo Daniel, ZIEGLER René.

Durante el planteo de la idea del proyecto se estudiaron varias alternativas, entre las cuales se destacaron el uso de baterías o acumuladores. Luego de analizar las opciones, el grupo decidió optar por el desarrollo del "almacenamiento de energía" en acumuladores hidráulicos.
Para el desarrollo del proyecto se realizaron registros de datos de los trayectos de los colectivos urbanos locales, midiendo los tiempos de aceleración y frenado, así como las velocidades. Con estos datos se estudió la energía necesaria a acumular, y las eficiencias del sistema; cabe acotar que la topología donde está ubicada la localidad es característica ya que consta de muchas pendientes, lo que hace pertinente la propuesta planteada por los estudiantes.
Como resultado, se desarrolló un sistema hidráulico, por acumulación de energía en acumuladores hidráulicos, que puede ser incorporado a colectivos urbanos locales. Este sistema proporcionaría una reducción de aproximadamente 30% del consumo de combustible diesel, y su proporción equivalente de emisiones de CO_2.

3. CONCLUSIONES.

Antes de empezar con las conclusiones, sería válido recordar que la asignatura sobre la que versa este trabajo está ubicado en 4º año del Plan de Estudios vigente, el estudiante deberá cursar posteriormente un año más para finalizar la carrera, es decir que la metodología propuesta por la asignatura pretende ser un aporte en la formación del ingeniero y debería impactar en la asignatura integradora de quinto año y a las demás asignaturas del último año.
Si se considera que necesitamos formar un profesional más integral, versátil y flexible, cuya virtud fundamental sea su capacidad de auto preparación y adaptación; partiendo de la convicción de que el único hombre educado hoy en día es el que ha aprendido que ningún conocimiento es seguro y que solo el proceso de búsqueda de conocimientos da base para la seguridad, lo que obliga a prestar especial atención a aspectos tales como: desarrollar su capacidad de comunicación oral y escrita, el dominio de lenguas extranjeras, la capacidad de manejo y procesamiento de información científico-técnica, su formación económica, ecológica, humanística en general y su capacidad de dirección entre otras. Esto nos lleva a repensar la forma de encarar nuestras prácticas docentes, pensando en la forma de potenciar el aprendizaje del sujeto por encima de la "transmisión de conocimientos" por parte del profesor; prestar especial atención al desarrollo de la independencia, la capacidad de autonomía y el desarrollo de habilidades profesionales generales en el estudiante.
Con la metodología de la asignatura tal vez estemos sumando nuestro granito de arena para que los que tengan inquietudes emprendedoras logren ir creando su propio destino. *" ..es importante aprender a ejercitar lo que está en nuestro poder, porque de esta forma participamos en la construcción del destino, introducirnos en el futuro significa participar en el arte de lo posible"* [7]

3.1 Actitudes Emprendedoras

En base a las actitudes que caracterizan al Emprendedor, consideramos que contribuimos en:
Fijar metas y trabajo en equipo: al ser un trabajo en grupo, la meta se establece por el equipo y es la problemática a resolver. Cabe acotar que se insiste mucho en el trabajo "en grupo" y no "agrupados". No solamente el trabajo con sus colegas de curso, sino la consulta a estudiantes de otras carreras o disciplinas, que sean necesarias
Identificar oportunidades: la definición del problema es una oportunidad de empezar a desarrollar un proyecto con futura aplicación. De hecho esto ha sucedido.
Crear red de Contactos (externa): durante el desarrollo del proyecto, para obtener la información necesaria a los efectos de planificar los estudiantes deberán consultar in situ o a través de páginas de internet, costos de dispositivos, materiales, equipos, etc. De esta manera van armando su red de contacto que será de utilidad en su futuro como profesional.
Asumir riesgos: cuando decide conformar grupos de trabajo con otros estudiantes, y la problemática a desarrollar.
Tomar decisiones con información parcial, en contexto de incertidumbre y ambigüedad: Para desarrollar el proyecto los estudiantes presentan alternativas de soluciones y posteriormente con la búsqueda de información proponen la solución definitiva.
Aprendizaje continuo: búsqueda de información y selección de la que considere importante. Importancia de trabajar con información de fuentes reconocidas.

Saber comunicar su idea: En las presentaciones de los distintos grados de avance así como en la presentación al finalizar el Proyecto, se evalúa la exposición haciendo hincapié en la forma de exponer: tono de voz, postura, poder de síntesis entre otros aspectos.
Asumir responsabilidades: dentro del equipo se cumplen roles, para lograr cumplir con los plazos cada uno debe realizar su tarea en forma y tiempo.

3.1 Comentarios:

En la asignatura han cursado estudiantes que iniciaron una idea proyecto y actualmente está trabajando en la construcción de un prototipo, (producto del trabajo final presentado al finalizar el cursado).
Otro grupo de estudiantes planteo una solución para determinado tipo de residuo originado en una empresa, solicitaron una audiencia para exponer su trabajo al consejo de administración y lograron contar con financiación para construir un prototipo que les permitió obtener un producto alternativo. Este producto fue ensayado con el fin de comparar las propiedades y demostrar las propiedades de un producto alternativo cuya materia prima son los residuos.

4. REFERENCIAS.

[1] *Fundamentos Generales, Características y Estructuración del Plan de Estudios 1999 para las Carreras de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones.*
[2] Aula Virtual Moodle. http://moodle.org
[3,4] Budynas, Richard G.; Nisbett, J. Keith. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México. Octava Edición. McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. China por CTPS.
[5] Solid Works®. Dassault Systèmes
[6] Abaqus®. Dassault Systèmes
[7] Matlab®
[8] Miguez, Daniel. (2009). *"El Emprendedor Profesional.- Un integrador para la creación de empresas dinámicas"*.México. 1º edición. Editor:Milton Merlo. Argentina.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Algoritmos de Modelación aplicados al Diseño de Elementos de Máquina

Tinnirello, Alicia[(1)], *De Federico, Sara*[(2)], *Szekieta, Paola*[(3)]
[1] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario.
Zeballos 1341, Rosario, Santa Fe, CP: 2000.
[1] atinnirello@frro.utn.edu.ar
[2] sdefederico@frro.utn.edu.ar
[3] pszekieta@frro.utn.edu.ar

RESUMEN
Este trabajo presenta, dentro de la enseñanza en Ingeniería Mecánica, líneas de investigación de modelado que permiten abordar el proceso creativo del diseño, tanto para lograr nuevos espacios constructivos como para diseñar trabajos de cierta complejidad, los que requieren como base una sólida formación matemática y el conocimiento adecuado de métodos de aproximación. Actualmente, la mayoría de los programas de modelado 3D calculan representaciones matemáticas NURBS para construir modelos de superficies; uno de los aportes más importante para el diseño en general ha sido brindar la posibilidad de operar, controlar y diseñar con algoritmos que superan la complejidad de las ecuaciones cartesianas tradicionales, realizándolo sólo desde la gráfica y con un manejo intuitivo de la geometría. En el laboratorio Multidisciplinar del Departamento Ciencias Básicas se desarrolla una propuesta interdisciplinaria entre las asignaturas Fundamentos de Informática, perteneciente al segundo nivel de la carrera Ingeniería Mecánica, y Cálculo Avanzado, perteneciente al tercer nivel de la carrera. En la planificación, realización y publicación de proyectos de diseño de elementos de máquinas surge la necesidad de los alumnos de diseñar variadas formas que no se encuentran disponibles en el mercado o su accesibilidad es muy limitada. Las actividades se desarrollan en clases-taller, donde se procede al diseño de piezas o partes, desde un borrador inicial, pasando por varias etapas hasta la simulación digital, utilizando software de cálculo simbólico, aplicando en su construcción métodos formales y modelos analíticos o paramétricos matemáticos, que son analizados e investigados en una de las líneas de las cátedras mencionadas. Los alumnos, mediante este enfoque innovador, afianzan los conocimientos adquiridos de las Ciencias Básicas, aprenden el entorno de utilización y las variables que se manejan en los paquetes de modelado comercial, expresan su creatividad y adquieren experiencia en la concreción de nuevas ideas en el diseño industrial.

Palabras Claves: diseño 3D, enseñanza por proyectos, matemática computacional, simulación

1. INTRODUCCIÓN.

La forma de trabajo que presentamos se origina a partir del análisis de los distintos sistemas de computación gráfica y su relación con los diferentes modelos matemáticos de los elementos geométricos presentes en los paquetes de diseño asistido, desde los básicos hasta las curvas y superficies de forma libre como son las de Bézier, B-Splines y Nurbs.

En el laboratorio Multidisciplinar del Departamento Ciencias Básicas se desarrolla una propuesta interdisciplinaria entre las asignaturas Fundamentos de Informática, perteneciente al segundo nivel de la carrera Ingeniería Mecánica, y Cálculo Avanzado, perteneciente al tercer nivel de la carrera. La planificación, realización y publicación de proyectos de diseño de elementos de máquinas, piezas o partes de piezas a través de la simulación digital utilizando software de cálculo simbólico, aplicando en su construcción métodos formales y modelos analíticos o paramétricos matemáticos, es uno de los objetivos de la línea de investigación que se lleva adelante.

En el ámbito de las ciencias básicas los estudiantes adquieren un conjunto de conocimientos que forman la base para la comprensión y la aplicación de otras áreas tecnológicas en las instancias superiores de la carrera de grado. Es fundamental que una fuerte formación básica para poder utilizar en toda su capacidad y disponibilidad. las herramientas de diseño, tales como el SolidWorks, Rhino, Solid Edge, Mechanical Desktop, Comsol, entre otras.

La implementación de sistemas de aprendizaje basado en proyectos interdisciplinarios entre las asignaturas del área Matemática y las de Informática en los primeros niveles de la carrera, permiten consolidar e interrelacionar los conceptos desde los primeros años de cursado.

La incorporación de las superficies paramétricas y las entidades Spline en los sistemas informáticos de modelado de formas ha supuesto la creación de una nueva herramienta gráfica que no solo cubre el vacío que ha dejado la geometría clásica, sino que permite una rápida generación de formas complejas con una mínima cantidad de datos.

Curvas Bézier, B-Spline y de Polígonos continuos, fueron desarrolladas para construir versiones digitales de las líneas de diseño usadas para dibujar las secciones cruzadas de cascos de barcos, fuselajes de avión y diseños de la industria automovilística. La necesidad de establecer un riguroso control geométrico del trazado gráfico de líneas curvas, con recorridos libres en la configuración de la forma de las naves y vehículos derivadas de los respectivos estudios de aerodinámica e hidrodinámica, justificó ampliamente su desarrollo y utilización posibilitando una posterior aplicación al campo del diseño en general.

El diseño industrial las incorpora tempranamente otorgando a sus proyectos un control mas preciso en la ergonomía de la forma. Posteriormente, el diseño arquitectónico encuentra la solución a un problema de representación espacial que hasta ahora casi siempre se había tratado de una manera artesanal e intuitiva.

Actualmente, la mayoría de los programas de modelado 3D calculan representaciones matemáticas NURBS para construir modelos de superficies. Uno de los aportes más importante para el diseño en general ha sido el posibilitar operar, controlar y modelar con algoritmos que superan la complejidad de las ecuaciones cartesianas tradicionales realizándolo solo desde la gráfica y con un manejo intuitivo de la geometría [1]. De esta manera se ha hecho posible para muchos diseñadores y estudiantes prescindir del conocimiento propio de las estructuras geométricas-matemáticas que las sustentan. Hecho que ha generado entre los estudiantes situaciones favorables en algunos casos y contraproducentes en muchos de ellos.

La programación de los B-Splines en lenguajes tradicionales como Fortran, Pascal, C, etc. mediante la evaluación recursiva propuesta por de Boor está sumamente difundida. Sin embargo, a partir de la década de los ochenta con el nacimiento de los sistemas de cálculo simbólico Mathematica, Maple, etc, es posible avanzar un poco más y obtener las expresiones analíticas de los B-Splines que resultarían útiles, en primera instancia, para fines académicos en cursos de grado y posgrado, de acuerdo a la profundidad a otorgarle al tema. Con la finalidad de aprovechar estas nuevas herramientas, específicamente Mathematica, es que hemos elaborado este trabajo en el que se plantea la utilización de los modelos conceptuales que generan las distintas herramientas de construcción de curvas Spline para lograr la creatividad y la motivación necesarias en la enseñanza de las ciencias.

2. DISTINTOS MÉTODOS DE DISEÑO.

La mayor parte de los métodos de diseño de curvas y superficies se basan en la utilización de puntos de control a partir de los cuales se definen como un promedio de los puntos de control,

$$P(u) = \sum_{i=1}^{n} P_i B_i(u) \tag{1}$$

donde P_i son los puntos de control y $B_i(u)$ son funciones de forma o de interpolación, dadas en forma paramétrica [2]. Existen diversos métodos de diseño de curvas, con diferentes características. Entre estas, cabe destacar el carácter del método, que puede ser local o global, y el comportamiento respecto a los puntos de control interpolantes o no. Un método tiene carácter local cuando la modificación de un punto de control afecta solamente a la forma de la curva, o superficie, en las proximidades del punto de control. Por el contrario, en un método global, la modificación de un punto de control afecta a toda la curva o superficie. Decimos que un método interpola a los puntos de control cuando el elemento generado curva o superficie pasa por ellos.

Habitualmente es necesario usar polinomios continuos a tramos, para conseguir métodos de diseño local, lo que influye en el grado de continuidad de la curva. El grado de continuidad indica el número de veces que se puede derivar su ecuación obteniendo una función continua [3].

También se debe tener en cuenta la influencia del grado del polinomio de las funciones de forma. Cuanto mayor sea el grado del polinomio más restricciones podremos aplicar a la curva ya que hay más coeficientes, pero también será mayor la oscilación de ésta, y más costoso su cálculo [3]. Independientemente del método usado, la descripción de la curva se puede realizar usando notación matricial, separando la dependencia con el parámetro de la dependencia con los puntos de control.

En general, la curva se puede expresar como una ecuación matricial en la que interviene una matriz de potencias del parámetro, una matriz de coeficientes, cuyos valores dependerán del método de diseño, y una matriz de puntos de control [4].

Por ejemplo para $n = 2$

$$P(u) = \left[P_0, P_1\right] \begin{bmatrix} B_0(u) \\ B_1(u) \end{bmatrix} \tag{2}$$

2.1 Curvas de Bézier.

Una curva de Bézier de grado n, queda definida por n + 1 vértices P_i (los puntos de control) que forman el polígono de Bézier, que, de modo único, establece la forma de la curva contenida en la envolvente convexa del polígono de Bézier.

.Matemáticamente se expresa:

$$P(t) = \sum_{i=0}^{n} P_i B_{n,i}(t) \quad 0 \le t \le 1 \tag{3}$$

donde la función de base o de mezcla $B_{n,i}$, es un polinomio de Bernstein cuyos términos tienen una componente binomial, y aproxima a la función que define un tramo de la curva *f(t)*

$$B_{n,i} = c_i \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}, \quad c_i = f\left(\frac{i}{n}\right) \tag{4}$$

Las curvas de Bézier tienen una formulación paramétrica, lo que permite valores múltiples o representar una pendiente infinita (tangente vertical) por dos coordenadas finitas. Son independientes del sistema de referencia y los puntos de control modifican globalmente a la curva. Además, el inicio y final de la curva de Bézier es tangente a la curva, lo que garantiza la suavidad de la unión de los tramos. Tanto la manipulación de los puntos de control como el agregado de más puntos intermedios adjudican a la curva de Bézier la máxima ductilidad para delinear todo tipo de formas.

La forma matricial de la curva de Bézier es la siguiente [4]:

$$P(u) = [P_0, \cdots, P_n] \begin{bmatrix} B_0(u) \\ \vdots \\ B_n(u) \end{bmatrix} = [P_0, \cdots, P_n] \begin{bmatrix} m_{00} \cdots m_{0n} \\ \vdots \\ m_{n0} \cdots m_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_0 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}, \quad m_{i,j} = (-1)^{j-i} \binom{n}{j} \binom{j}{i} \tag{5}$$

2.2 Curvas B-Spline.

Generalizando las curvas de Bézier, la B- Spline forma el polinomio de aproximación de la curva incluyéndolas en los términos. Su utilización impide la aparición del fenómeno Runge (oscilación infinita de los máximos y mínimos del polinomio dentro del intervalo de aproximación al aumentar el grado del mismo). La posición de los puntos de control influye sobre la forma de la curva, presentan valores múltiples, suavizan las imperfecciones y son independientes del sistema de referencia. Una curva B-Spline, queda definida por n + 1 vértices P_i de un polígono descriptor, y está dada por:

$$P(t) = \sum_{i=0}^{n} P_i N_{i,k}(t). \tag{5}$$

La función $N_{i,k}(t)$, que determina como cada punto de control influye sobre curva en el tiempo t, es denominada la función base para dicho punto. Si los puntos de control son seis, se tendrán seis funciones base, una para cada punto. Si cada función tiene la misma forma en intervalos del mismo tamaño son funciones base uniforme, en el caso de que los intervalos no sean del mismo ancho son no uniformes (NU).

2.3 Curvas B-Spline racionales no uniformes: NURBS.

Son la representación más general de una forma, ya que pueden considerarse como una generalización de las B-Spline y Bézier. Es una curva B-Spline con términos racionales, y es una proyección sobre el espacio físico tridimensional de una B-Spline no racional definida en el espacio 4D de coordenadas homogéneas [6]. Matemáticamente su formulación es:

$$P(t) = \frac{\sum_{i=0}^{n} N_{i,k}(t) w_i P_i}{\sum_{i=0}^{n} N_{i,k}(t) w_i}. \tag{6}$$

donde P_i son los puntos de control (vértices del polígono de control), w_i son los llamados pesos y $N_{i,k}$ son las funciones de base definidas sobre el vector de nodos, como se indicó anteriormente. Cuando dicho vector de nodos se genere de un modo no uniforme, la curva racional será una curva NURB (Non Uniform Rational B-Spline).

Las funciones $N_{i,k}$ se construyen en forma recursiva a partir de funciones constantes por tramos con valor 1 en el nodo correspondiente y 0 en cualquier otro lugar.[6]

$$N_{i,n} = f_{i,n} N_{i,n-1} + g_{i+1,n} N_{i+1,n-1} \tag{7}$$

f y g son funciones construidas a partir del orden del nodo *i* y de *t*. $N_{i,k}$ es una función triangular que oscila entre 0 y 1 a medida que *f* y *g* van oscilando entre 0 y uno consecuentemente.

Una superficie Nurbs se obtiene como el producto tensor de dos curvas Nurbs, por ello para obtener una forma tridimensional se establecen los nodos necesarios para definir cada curva que delinea la forma, y luego se aplica un producto tensor entre cada par de curvas adyacentes, generando

finalmente la superficie. Se obtienen mejores resultados agregando más nodos para obtener la precisión al detalle requerida para una visualización satisfactoria [5].

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

La exigencia de competencias interdisciplinarias y aquellas orientadas a la acción no condice con la selección de métodos actuales de enseñanza aprendizaje. Por ello, la necesidad de lograr un trabajo por parte del alumno, en el que se conecte la enseñanza teórica y práctica con el entorno ingenieril, habilita a la implementación de actividades bajo la metodología de aprendizaje orientado a proyectos (*Project Based Learning, PBL*) [7] que se caracteriza por la eliminación de la actual división entre teoría y práctica, y la sustituye por una formación de carácter más global e integral, como es la planificación y la realización de proyectos.

Es necesario comprender que la aplicación del PBL tiene que ser un desafío fundamental, que integre el quehacer de todos los ámbitos de la institución universitaria, ya que los proyectos deben colocarse en espacios curriculares centrales en el plan de estudios, y no ser sólo experiencias realizadas por algunos profesores con intención de una renovación didáctica.

Estos proyectos deben ser seleccionados, planificados y dirigidos por los propios estudiantes, con la guía del docente, lo que implica que los profesores se involucran dejando espacio para la libertad y la autonomía en la toma de decisiones por parte de los estudiantes.

De esta forma el alumno adquiere una mayor flexibilidad y conceptualización de los temas en forma interactiva y autogestionada, incorporando al mismo tiempo habilidades para la posterior adaptación al ambiente laboral y al cambio permanente en la tecnología.

4. REALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS.

La experiencia comienza con clases especiales de los conceptos más importantes en el diseño por computadora: Splines, B-Splines y Nurbs. En estas clases los alumnos comprenden la base teórica de las Splines y su utilización en los software para diseño 3D; asimismo observan la imposibilidad de controlar las gráficas 2D (de las cuales se parte para la construcción espacial) con modelos matemáticos y parametrización.

Se parte de la inquietud de los alumnos, que desean diseñar alguna forma que será utilizada en la elaboración de sus proyectos, o por inquietud en investigar algún diseño preestablecido. Luego se realizan dibujos a mano y en Autocad (pudiendo hacerse en la cátedra de Sistemas de Representación) de los cortes de las piezas seleccionadas. De estos cortes se ingresan en el software un conjunto de puntos referenciales a los que luego se les aplicarán algoritmos de proyección espacial, formando la estructura puntual en 3D de la pieza deseada. Los alumnos hacen pruebas con diferentes modelos matemáticos, obteniendo resultados que varían en calidad y perfección de acuerdo a la visualización deseada.

Luego, con el uso de algoritmos que utilizan NURBS a los puntos que definen un corte o una vista 2D de la pieza, se visualiza la superficie de la estructura y se aplica el formato de la vista (color, brillo, iluminación, ángulo de incidencia, etc) para lograr un acabado realista de la pieza construida.

4.1 Alcance.

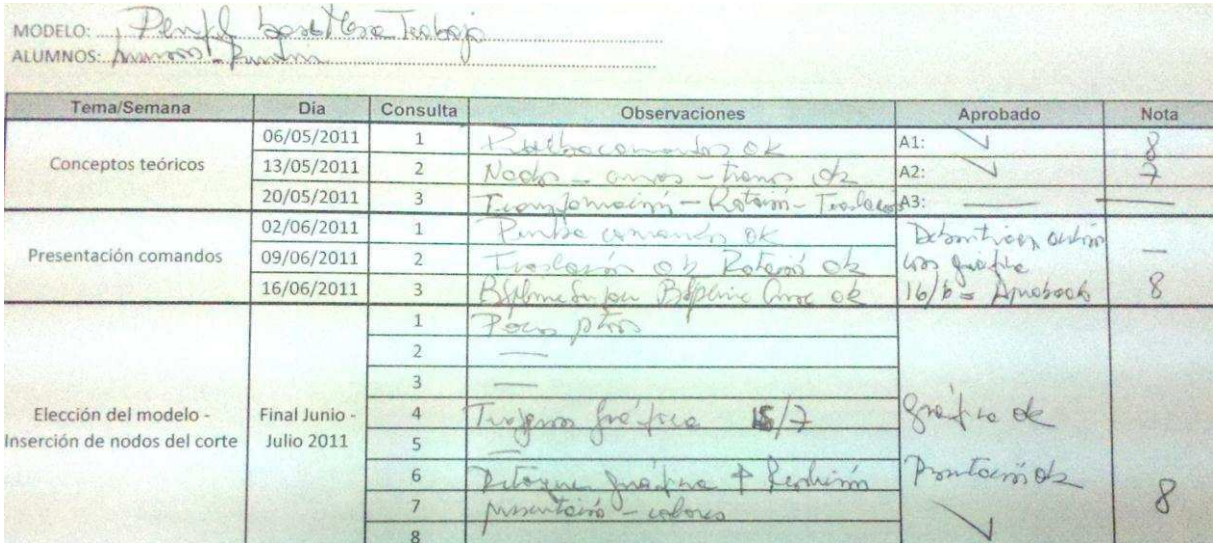
Se incentiva a los estudiantes para que se extiendan tanto como sus propios límites lo posibiliten, sin establecer fechas restrictivas a la creatividad y la investigación, propulsando la autogestión. Solamente se fijan pequeñas reuniones personalizadas para mostrar el grado de avance y los descubrimientos, que se comparten entre todos los grupos, estimulando al trabajo conjunto y la cooperación entre los estudiantes. También se pautan horarios de consulta extracurriculares para despejar dudas o estudiar contextos de programación concretos. Estas horas se toman de las dedicaciones destinadas al proyecto que involucra esta propuesta. Además se habilitan canales de comunicación adicionales vía aplicaciones Web y por medio del espacio virtual del Laboratorio Multidisciplinar.

Algunas de las competencias específicas de los proyectos se evalúan a partir del resultado final del mismo, aunque se exige asimismo una presentación formal que se efectúa frente a los compañeros. Esta presentación es una experiencia para el estudiante para defender sus proyectos y enfrentar

otras situaciones similares en el entorno profesional, pudiendo explayarse en conceptos como en la exposición de los productos de diseño obtenidos.

4.2 Aprendizaje y seguimiento.

Se establecen cronogramas personalizados para cada grupo de estudio durante todo el año académico, para brindar la flexibilización en la incorporación de los conceptos más importantes del diseño; cada nueva definición que van incorporando se vuelca en una práctica libre y creativa, de forma que la asimilación de los fundamentos matemáticos sea interactiva y adecuada a las posibilidades de los alumnos. Los mismos aprenden a manipular los nodos, las curvas y los comandos en el software de cálculo simbólico obteniendo resultados cada vez mejores y más ajustados al modelo deseado.



MODELO: Planta Impulsora Trabajo

ALUMNOS: Amaro - Pereira

Tema/Semana	Día	Consulta	Observaciones	Aprobado	Nota
Conceptos teóricos	06/05/2011	1	Publicación comandos OK	A1: ✓	8
	13/05/2011	2	Nodos – curvas – Toro ok	A2: ✓	7
	20/05/2011	3	Transformación – Rotación – Traslación	A3: ——	——
Presentación comandos	02/06/2011	1	Punto comando OK	Definición curvas usos gráfico	—
	09/06/2011	2	Traslación ok Rotación ok		
	16/06/2011	3	Diploma Impulsor Diplomatura Amaro OK	16/6 = Aprobado	8
Elección del modelo - Inserción de nodos del corte	Final Junio - Julio 2011	1	Pocos días		
		2	—		
		3	—		
		4	Trabajos gráficos 15/7	Gráficos ok	
		5	—		
		6	Entrega gráficos + Revisión	Presentación ok	
		7	presentación – colores	✓	8
		8			

Figura 1 C*ronograma*

A fin del año los estudiantes exponen sus trabajos en charlas abiertas a la comunidad educativa, mostrando sus diseños y la aplicación técnica de las piezas modeladas que utilizarán en sus futuros proyectos.

5. RESULTADOS.

Al seleccionar en forma interactiva las posiciones espaciales para los puntos de control, mediante el conocimiento analítico de algunas formas, un diseñador puede establecer una curva inicial, luego del ajuste polinómico, reestructurar lo realizado cambiando todos o algunos puntos de control. Para ello, podemos destacar las ventajas que significa utilizar el sistema base generado y la posibilidad de introducir cambios en las posiciones de los nodos de forma tal que se logren distintas formas con sólo realizar pequeñas modificaciones en el algoritmo generador de puntos.

Tabla 1 *Barrales*

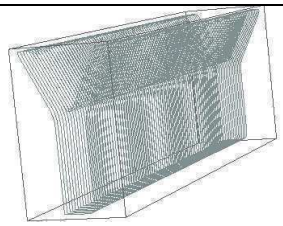
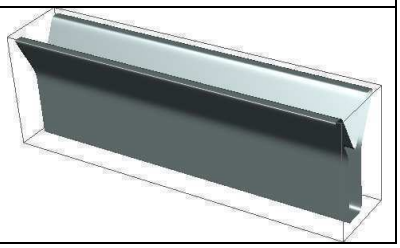
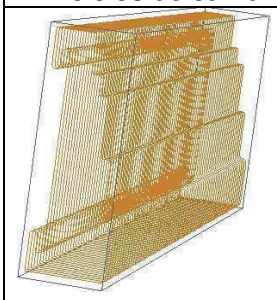
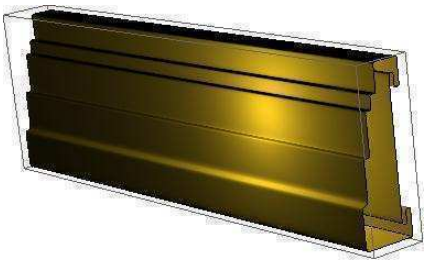
Figura: Y - Corte: transversal – 44 nodos – 151 ciclos de curva	
	

Tabla 2 *Barrales*

Figura: Grampa - Corte: transversal – 105 nodos – 121 ciclos de curva	
	

Los nodos se pueden afectar con transformaciones algebraicas o dirigirlos con distintas trayectorias, logrando así matrices de puntos orientadas que forman figuras completamente diferentes.

Tabla 3 *Transformación de nodos*

Figura: Ala - Corte: transversal – 48 nodos – 88 ciclos de curva en trayectoria recta		

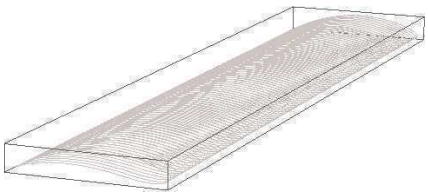
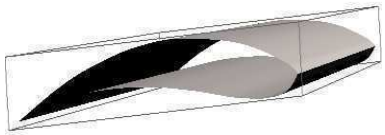
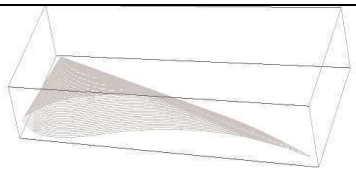
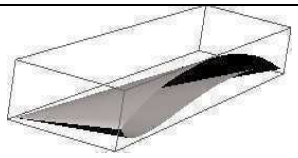
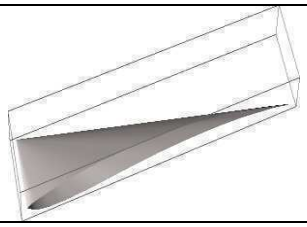

		

Figura: Ala - Corte: transversal – 48 nodos – 121 ciclos de curva dirigida linealmente a un punto		
		

Haciendo pruebas extensivas los grupos de trabajo comprobaron que el uso de una cantidad importante de nodos y la utilización de modelos paramétricos para la construcción de la matriz referencial de puntos genera formas limpias y netas y se obtienen resultados óptimos de graficación

con una calidad destacable, comparable con los software de diseño 3D, como se observa en las Tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4 *Roldana*

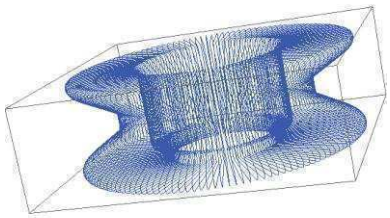
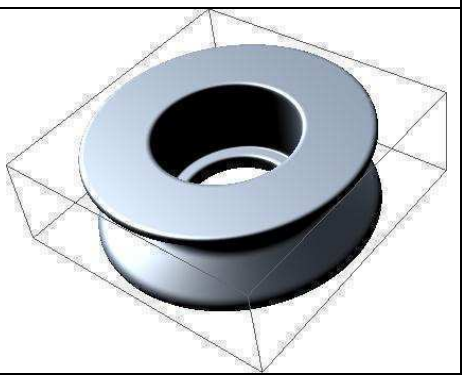
Corte: sagital – 50 nodos – 141 ciclos de curva paramétrica paralela al eje longitudinal	
	

Tabla 5 *Tornillo (símil)*

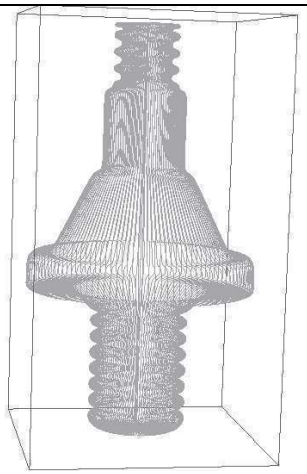
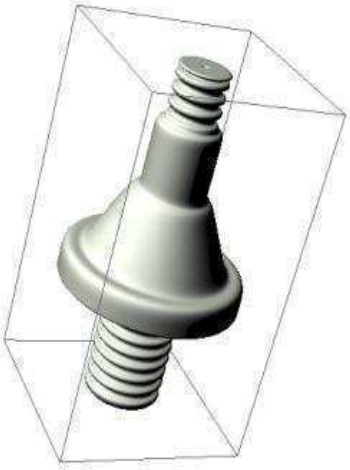
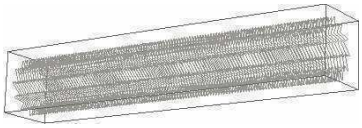
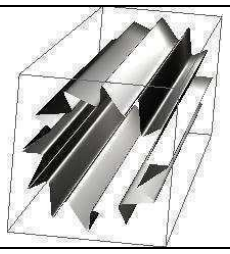
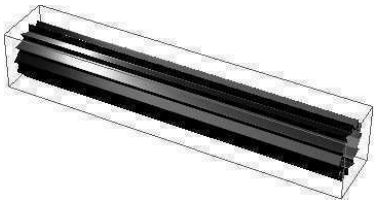
Corte: sagital – 105 nodos – 121 ciclos de curva paramétrica concéntrica al eje longitudinal	
	

Tabla 6 *Varilla dentada.*

Corte: transversal – 98 nodos generados por rotación de un diente de base – 116 ciclos de curva		
		

Dependiendo del modelo seleccionado se puede requerir la creación de varias superficies que luego se grafican en conjunto en un ensamble espacial.

Tabla 7.1 *Construcción de las piezas por partes*

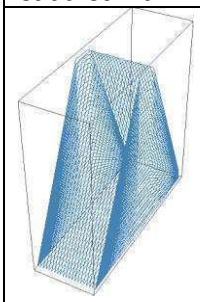
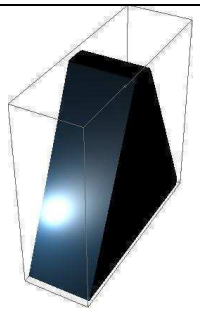
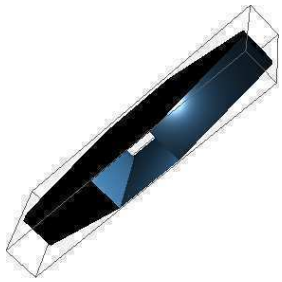
Piezas triangulares:2, con tapas - Corte: transversal - 34 nodos por cada curva – 11 ciclos de curva			
			

Tabla 7.2 *Traslación de piezas en el espacio.*

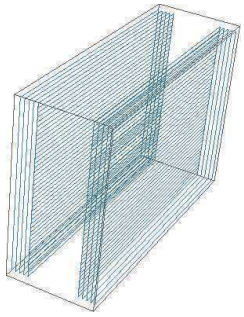
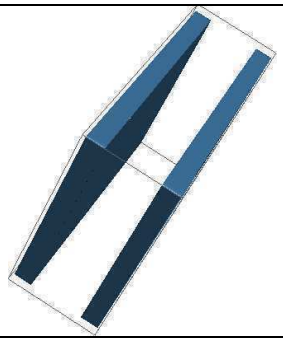
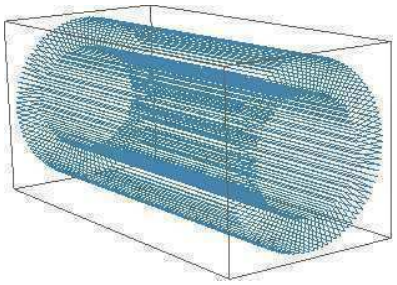
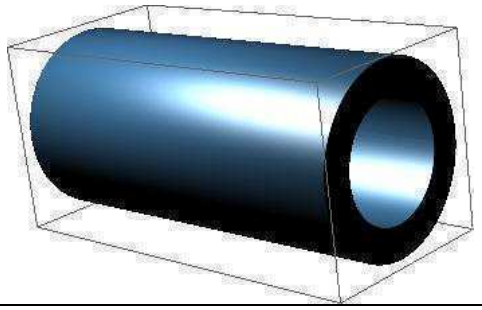
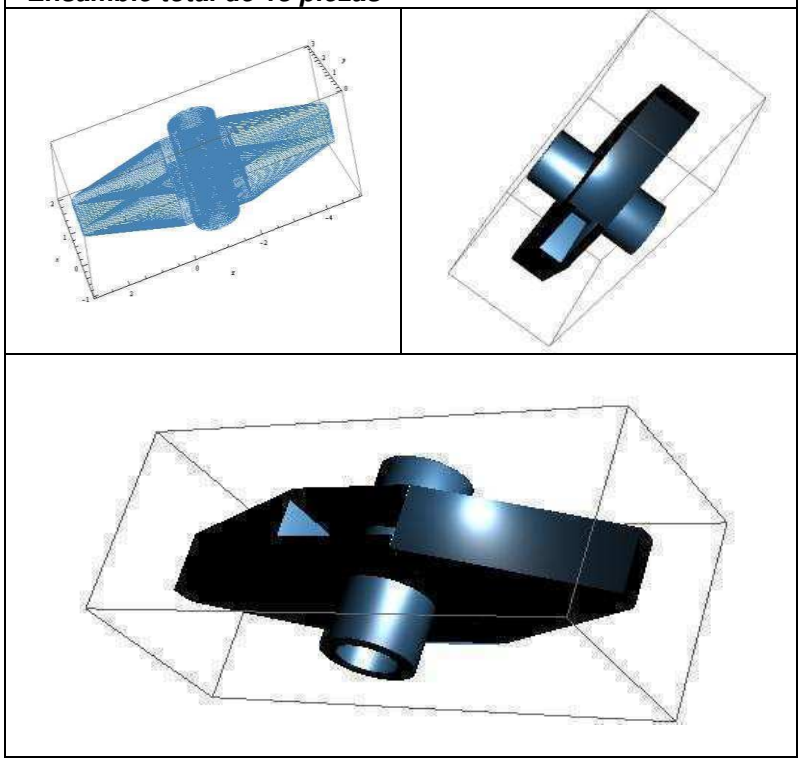
Chapones de refuerzo: 2, con tapa - Corte: sagital - 50 nodos por cada curva – 9 ciclos de curva	
	

Tabla 7.3 *Rotación y cambio de ejes.*

Tubo - Corte: sagital - 74 nodos por cada curva – 101 ciclos de curva	
	

Para obtener la disposición espacial correcta en el proceso de ensamblado los alumnos ejercitan y consolidan los contenidos de Álgebra y Análisis Matemático I y II. Muchas veces el proceso de ensamblado es mucho más complejo y costoso que la construcción de las partes individuales. El encastre debe ser lo más cercano posible a la pieza real que se desea construir.

Tabla 8 *Ensamble total de superficies*

Ensamble total de 13 piezas


Durante la experiencia de trabajo, los alumnos evidenciaron una gran dedicación en el desarrollo de los proyectos grupales, involucrándose en este nuevo sistema de aprendizaje, logrando superficies complejas y de gran trabajo de programación para obtener diseños como los que se muestran en la Tabla 8.

6. CONCLUSIÓN.

El enfoque multidisciplinar desarrollado permite profundizar e integrar conceptos matemáticos básicos, como así también despertar el interés de los estudiantes en la incorporación de nuevas temáticas, al poder mostrar desde los primeros años de las carreras aplicaciones concretas y presentar líneas de trabajo de reciente desarrollo que motiven hacia una búsqueda constante de nuevos conocimientos.

La creación de un espacio de información simbólico y dinámico es insoslayable en la educación en Ingeniería, los avances en informática y la comunicación, han delineado un nuevo paradigma en la enseñanza de las ciencias, favoreciendo el desarrollo de capacidades intelectuales, la sustitución de técnicas obsoletas por medios más eficientes y rápidos, la interpretación de los conceptos mediante simulaciones y animaciones, y una mejor interacción en el proceso de enseñanza aprendizaje. Esta forma de trabajo permite a los alumnos integrar conocimientos de distintas disciplinas, y formarse para iniciar actividades de investigación en líneas de reciente desarrollo.

7. REFERENCIAS

[1] Delgado Olmos, A. Márquez García, M, Rodríguez Ruiz, F.: (2004). El Modelado Analítico-paramétrico Frente a la Creación Grafica Directa. Ventajas e Inconvenientes. *XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, Zaragoza, España.

[2] Tinnirello A. (2010). Modelos conceptuales para la generación de curvas libres. *2º Edición. Proceedings of Internacional Conference of Mathematics & Design 2010, The Internacional Mathematics & Design Association*, Ciudad de la Plata, Argentina.

[3] Tinnirello, A., De Federico, S. (2008) Simulación dinámica para la Generación de curvas libres. *1º Edición. Proceedings of Internacional Conference of Mathematics & Design 2008, The Internacional Mathematics & Design Association*, Mar del Plata, Argentina.

[4] Gleicher, M.: (2004). A Curve Tutorial for Introductory Computer Graphics. *Department of Computer Sciences University of Wisconsin*, *USA*.

[5] Michalik, P., Kim, D. Bruderlin, D. (2002). *Sketch-and constraint-based Design of B-Spline Surfaces Computer Graphics* Group, Germany. Dept. of Technical University of Ilmenau, Germany.

[6] Les Piegl, Wayne Tiller, (November 14, 1996), *The Nurbs Book, Monographs in visual communication*, Berlin, Springer; 2nd edition, Mercedesdruck, Berlin, Germany.

[7] Menéndez, J.: Aprendizaje Por Proyectos la Experiencia en la Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. En Proceedings de la I International Meeting in civil Engineering Education, Ed. Universidad de Castilla La Mancha (2003)

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

La competencia y la propuesta lúdica como potenciadores en el aprendizaje de "abstracción matemática" en la carrera de ingeniería

Jorge M. Bauer[1], Samira Abdel Masih[2], Corina Guardiola[3], Gustavo Viano[4]

[1] CIM-Robótica Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina
jbauer@ingenieria.unlz.edu.ar, doktorjbauer@yahoo.com.ar
[2] *abdel.masih@hotmail.com*
[3] corinaguardiola@gmail.com.ar
[4] gustenr@live.com.ar

RESUMEN

La formación de ingenieros para un desarrollo sostenible exige hoy en día encarar nuevos desafíos que abarcan los más diversos campos y disciplinas, tanto de las llamadas "ciencias duras" como del área de las ciencias humanas. Abarca desde una formación profunda en abstracción matemática a la responsabilidad ética, buscando construir entornos de generación de saberes integrados orientados a la solución de problemas. [1]
En ese sentido, con el objeto de favorecer también desde lo motivacional las actividades áulicas -en especial en las carreras de ingeniería-, en el laboratorio CIM-Robótica de la FI-UNLZ se está ampliando la plataforma para trabajos prácticos [2], a mas cátedras. Un pilar complementario de este entorno de formación constructivista [3] está puesto en vincular saberes y generar competencias interactivas para los estudiantes.
El presente trabajo muestra el desarrollo realizado en forma conjunta por docentes especializados en matemática y docentes especializados en robótica, para generar un entorno en el cual los alumnos de análisis matemático "enseñen a un brazo robótico a jugar al golf". Usando conocimientos específicos adquiridos en la cátedra, el desafío a encarar consiste en calcular y prever los parámetros del movimiento del brazo robótico para generar el tiro que logre hacer llegar pelotas de diferentes características a una posición, variable definida en cada caso particular por el docente a cargo de la práctica. El modelo matemático especifico planteado por el alumno genera la definición de los datos calculados de aplicación para el tiro real del brazo robótico. Los datos calculados serán contrastados con ensayos reales, desarrollados en el laboratorio CIM-FI-UNLZ. Asimismo, las características de trayectorias teórica/real serán comparadas con distintas tecnologías que incluyen desde técnicas de visión automatizada hasta modelos de ambientes virtuales basados en simuladores específicos. El modelo y concepto actual podrá ser complejizado a futuro, incorporando para el análisis teórico y la experiencia real, flujos forzados de aire durante el tiro.

Palabras claves: Matemática, Lógica, Aprendizaje Cognitivo, Robótica, Tele-presencia

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de favorecer desde lo motivacional las actividades áulicas de la Facultad de Ingeniería, el laboratorio de manufactura flexible – Robótica trabaja en conjunto con las más variadas cátedras diagramando y ampliando en forma incremental tanto la plataforma para trabajos prácticos de nuestros estudiantes, como un entorno de investigación- experimentación constructivista.

Figura 1 Laboratorio Áulico CIM-Robótica

En este conjunto de actividades se pueden describir e inscribir las últimas experiencias orientadas a enseñar al brazo robot a jugar al golf, es decir, aplicarle a una pelota un movimiento tal que logre embocar en un aro o un agujero ubicado en posiciones variables. Estas experiencias orientadas a ampliar la red de vínculos hacia las cátedras matemáticas, reconoce distintos antecedentes y comparte con las experiencias previas, criterios comunes a la vez que orienta los desafíos del proceso del aprendizaje en otra dirección.

El antecedente más cercano de la serie implementada fue el desafío denominado 4 en línea-Robótico, diagramado en distintos niveles y categorías. Estas actividades, inspiradas en el campeonato de football robótico y/o el campeonato de sumo-robótico, generan un entorno de múltiples desafíos. A diferencia de los campeonatos mencionados en el caso de las experiencias que se proyectan y desarrollan hoy en el CIM, la plataforma completa del Hardware es puesta a disposición por el laboratorio áulico CIM (ver Figura 1). Desde allí, los alumnos compiten en el desarrollo del mejor modelo lógico / matemático. Con ello, al no depender de recursos materiales para poder participar, se nivela a los participantes en estos desafíos.

En el caso específico del desafío de tiro oblicuo de una pelota para embocar en una posición generando el movimiento a partir de la programación del brazo robótico con diferentes condiciones, el desafío está más orientado al correcto modelado matemático. En la formulación de base de este proyecto está presente la problemática de acercar afectivamente la matemática al mundo real de los adolescentes y la motivación que genera predecir correctamente el comportamiento de la pelota, “embocar” el proyectil en el mundo real a través de darle órdenes correctas al brazo robótico.

Consideramos que aun son muy actuales las palabras de Mario Bunge, quien ya en su libro *Temas de educación popular* (El Ateneo, 1943), escribía: "El alumno nos llega [a las escuelas técnicas] con un saludable y vigoroso horror por la matemática: la considera un tormento inventado por la maestra para impedirle pasar de grado; la considera un inútil y vacío palabrerío abstracto e indomesticable que para nada le ha servido en el taller, que nada ha contribuido al mejoramiento de su situación económica. Siente, en resumen, un justificado horror al vacío"

En ese sentido son muy pocos los estudiantes, inclusive en las carreras prácticas de las ingenierías, que llegan con un verdadero ímpetu de estudiar matemática avanzada y les cuesta mucho vincular las abstracciones y los modelos con sus intereses diarios. La relación entre los estudios matemáticos desde el lado práctico quizás solo pueda ser percibida por la mayoría de los alumnos en los años superiores, cuando necesitan indefectiblemente el andamiaje teórico práctico y la capacidad de modelar e interpretar matemática con que se lo forma en el ciclo básico de la carrera.

De esta manera toda tarea que ya en los primeros años de estudio vincule los saberes teórico-matemáticos con situaciones reales del día a día, generando desafíos con resultados palpables, será un elemento fuertemente dinamizador del aprendizaje.
Volviendo a las analogías con los casos anteriores en los que el foco está en los procesos lógicos, con la divulgación de la computación, casi todos los alumnos vivencian a diario procesos computarizados. Siendo concientes que el uso de una computadora no implica automáticamente un acercamiento al análisis de procesos lógicos, el interés por la programación lógica en sus diversas formas está presente en casi todos los alumnos que encaran una carrera de ingeniería. En ese sentido, todos los entornos construidos en el laboratorio buscan potenciar este interés latente generando un mejor entorno cognitivo para el aprendizaje.
En el caso de este proyecto específico con la cátedra de matemática, el desafío buscado es mayor: reside en despertar en el alumno un interés genuino por la matemática dejando de percibirla como una obligación impuesta, como sucede hoy en demasiados alumnos al inicio de la carrera. El mayor éxito estará dado cuando todos la perciban realmente desde el principio como una herramienta que les permitirá solucionar problemas reales a superar.
Es decir, el proyecto surge sobre la base de las experiencias anteriores, en las que se verificó que la actividad lúdica produce en nuestros estudiantes una fuerte motivación adicional. En este caso el desafío puede estar circunscripto a superarse a sí mismo o podemos incorporar también el incentivo extra de “la competencia”. Al igual que en el golf real uno compite simultáneamente contra sí mismo y contra los otros participantes tratando de demostrar mejor rendimiento.
Un último aspecto, tan importante como los anteriores en la búsqueda de mejorar la enseñanza, se refiere a enfrentar al estudiante de ingeniería con problemáticas en tiempo real y aplicaciones concretas, que buscan acercarlo ya desde los inicios de su carrera al mundo de la Robótica Industrial y Manufactura Flexible Automatizada. En particular, las materias “Análisis I-II”, “Procesos Lógicos”, “Probabilidad y Estadística” de la Facultad de Ingeniería de la UNLZ, se cursan en el primer ciclo de la carrera.
Partimos de entender que el mundo laboral para el que preparamos a nuestros estudiantes de ingeniería, no será un espacio virtual, como lo ven la mayor parte de los jóvenes y adolescentes. Los egresados (y alumnos que ya trabajan en fábricas) de nuestra casa, se encontrarán en gran parte de su actividad laboral frente a la pantalla de una PC, pero en algún punto habrá una máquina en movimiento o un equipo de producción en marcha. Con la incorporación exponencial de estas tecnologías seguramente cuando estos estudiantes se reciban, esos equipos de producción serán mucho más robóticos que hoy. La automatización flexible no estará solo en empresas de punta sino que será de habitual difusión. La computadora no será solo un medio de procesamiento de caracteres, imágenes y voces, sino una herramienta frecuente de control de movimientos automáticos. Para esto los estamos preparando.

2. CONTEXTO

El Laboratorio CIM-Robótica de la FI-UNLZ trabaja hace años con modernos equipos de robótica industrial, en un ambiente CIM (Manufactura Integrada por Computadora). Preocupado principalmente por experimentar con conceptos organizativos y tecnologías asociadas a robótica y tecnológicas CIM y en los últimos años al concepto “MFIF” (Multi-Function Intelligent Factories) en todos los planos y direcciones posibles, investiga necesidades y posibles formas de tele-presencia, tele-operación y multi-operación en la problemática de la enseñanza moderna. Busca permanentemente interfasear, lógica, física y organizativamente con industrias y laboratorios académicos colegas para potenciar el desarrollo conjunto en tiempo real de actividades concretas. En ese camino desarrolla en forma modular herramientas y sistemas constructivos de manera tal de flexibilizar y agilizar los desarrollos para viabilizar diferentes experiencias.

Las primeras construcciones específicas robóticas elaboradas operan generando en las articulaciones (en pocos grados de libertad) control sobre el ángulo direccional. Por ejemplo, en una cámara de video estacionaria o manipuladores sencillos o de baja complejidad. Con esta construcción mecánica se trabaja en la experimentación y ampliación de los distintos módulos de software para generar variadas aplicaciones.

Para nuestros adolescentes, estar frente a una pantalla de PC, es una de las actividades más “naturales” que tienen, pero a pesar de ello no han tenido muchas oportunidades de programar

realmente por medio de ella, la lógica de los movimientos flexibles de un robot, y mucho menos de generar un vinculo real practico entre el modelado matemático y la vivencia de los efectos. En sentido se percibe casi siempre entusiasmo ante la idea de enfrentarse a "comandar" una máquina con movimiento físicos. Aquí podemos corroborar una vez más lo que afirman los investigadores pedagógicos, que "la motivación es imprescindible" en el proceso cognitivo.

Es aquí donde se hace relevante armar los vínculos entre la materia y el laboratorio en busca de fuertes motivadores, adicionales a los usados históricamente en la enseñanza clásica de la materia y de la formación académica. Desde hace más de 6 semestres venimos trabajando a fin de desarrollar prácticas especificas de fuerte sesgo motivador. Hemos podido experimentar en muchos casos bien concretos como el juego actúa como potenciador de la motivación, que despierta en el estudiante esa chispa que lo lleva a esforzarse mas de lo que en regla general se logra en la materia en el esquema clásico áulico, en especial sobre la base de percibir con mayor claridad la satisfacción de superarse a sí mismo. Estas ideas y directrices se plasmaron en diferentes prácticas generándose un entorno robótico para que el alumno interactúe en base a las reglas lógicas y modelos de distintos juegos popularmente conocidos

Hemos desarrollado un entorno robótico real para operar sobre la "Torre de Hanoi" y el "Problema del Viajante de Comercio", el "TATETI", el "4 en línea Plano", el "4 en línea Tridimensional" que son practicas de concepción muy diferente a las que después se hacen desde cátedras mas avanzadas como ser por ejemplo la de "Acomodar cajas en un pallet en forma robotizada - TP Automatización Logística".

3.DESAFÍO DE LOS DOCENTES

Para poder lograr que todos los estudiantes se sientan motivados por el desafío, no es posible plantear el mismo nivel de dificultad para todos ellos, sino que es necesario indagar los niveles de conocimientos previos que trae un alumno y volcarlo al desafío. Si éste es irresoluble para el alumno, sólo generamos una frustración desmotivadora. Si el desafío es muy sencillo para el alumno, no hay aprendizaje sino sólo el cumplimiento formal de una tarea. El gran desafío del docente a cargo de las actividades es dimensionar el nivel para que el alumno "se lleve algo". Debemos saber encontrar el nivel adecuado y acorde al menos a cada grupo, tarea nada sencilla en especial con cursos numerosos. La necesidad de trabajar con contenidos transversales implica involucrar otras materias en la resolución de situaciones problemáticas. La posibilidad metodológica que tiene el entorno áulico-robótico construido de aumentar dinámicamente el grado de dificultad de acuerdo a la capacidad de cada grupo de estudiantes, es análoga a la que existe hoy a nivel industrial en sistemas de calidad con mejora continua.

3.1. Experiencias previas

3.1.1 Torre de Hanoi

Durante tres semestres, diferentes grupos de estudiantes de la cátedra Procesos Lógicos, han practicado este juego milenario y por medio de distintas técnicas, han encontrado soluciones óptimas para resolverlo y han armado programas (con diferentes codificaciones) que gestionaron que el Robot ER9 mueva las piezas en forma exitosa, cumpliendo el objetivo del juego y respetando sus reglas-restrictivas.

3.1.2 El Problema del Viajante de Comercio

Esta actividad surgió como un trabajo práctico especifico para ser resuelto dentro de la cátedra de Procesos Lógicos. Mas allá del problema lógico real, resultó muy interesante el abanico lógico de posibilidades de encararlo y por este motivo se extendió su complejidad para ser representado por movimientos reales del robot ER9 graficando recorridos sobre un mapa de la República Argentina.

Figura 2 Problema "El viajante de Comercio".

Como desafío lógico lúdico "El Problema del Viajante de Comercio" plantea la resolución de un problema cuyas técnicas pueden aplicarse a situaciones de logística, de robótica y comerciales.
Los comandos priorizados lógicamente por las aplicaciones realizadas por los alumnos permiten dibujar con una fibra el recorrido definido. En este tipo de experiencia áulica el uso de dispositivos sobre el robot ER9 del laboratorio CIM dispone de la unidad concebida y construida con la particularidad de ser amortiguado, para darle flexibilidad al trazado. Este tipo de actividades permite su fundamentación teórica a través de la Teoría de Grafos.

3.1.3 La "Serie" de Juegos "Piezas en Líneas"

En esta categoría ubicamos varias actividades lúdicas que tienen en común la plataforma robótica construida y la idea de que el competidor participe a través de los programas computacionales que desarrolla. El más sencillo de estos juegos es el conocido "Ta-Te-Ti", juego que consiste en colocar tres piezas en línea, compitiendo en contra de un adversario (Ver Figura 3). Aumentando en dificultad, tenemos al 4 en línea plano, que puede tener tableros de 4x6 o de 6x6 posiciones, en cuyo caso la cantidad de posibles alternativas aumenta la complejidad. Incrementando el desafío en otro nivel importante, tenemos el juego del 4 en línea en 3 Dimensiones, El 4 en línea 3D nuevamente se escala en grados de complejidad con el nivel 4x4x4 al nivel 6x6x6. El nivel de dificultad máximo reside en que un competidor debe determinar en forma independiente el movimiento de su adversario a partir de implementar software de visión con web-cam. El cambio cualitativo para el alumno/jugador, al encarar el proceso de realizar los anteriores Trabajos Prácticos, es la incorporación de "la competencia" y el "movimiento espacial de objetos" en base a "su lógica". Para el grupo de Docentes/Organizadores, el salto cualitativo radica en generar la plataforma de Hardware e incorporar a la cátedra prácticamente los conceptos de procesamiento informático distribuidos y vivenciados en "la multi-operación". Es decir la particularidad de que un único robot es controlado simultáneamente desde más de una computadora, a fin de generar una plataforma de trabajo destinada a la construcción de diversas partes complementarias como por ejemplo grippers, dispensador, software y cables de comunicación.

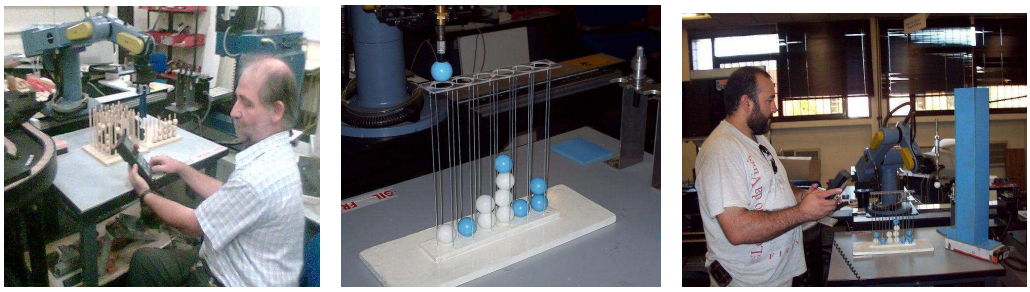


Figura 3 Juegos Piezas en Línea.

4. MODELADO Y EJECUCIÓN DE UN TIRO OBLICUO POR UN BRAZO ROBÓTICO.

El problema de tiro oblicuo está vinculado a un proyectil inicialmente ubicado en (y0; x0), que es lanzado con un ángulo y una velocidad (v0) y describirá una trayectoria predecible. En un modelo teórico básico es el caso típico de una trayectoria parabólica como combinación de un movimiento acelerado en el eje "Y" y el movimiento rectilíneo uniforme en el eje "X".

En el caso de estudio y modelado se define que se trata de un proyectil esférico (pelota) sin medio de auto-propulsión y a los fines de simplificar el modelo se considera

a) Aceleración de la gravedad constante, 9;8 m/s^2
b) Proyectil de masa puntual
c) Interacción con el aire o fluido despreciable.

Las dos primeras consideraciones son bastante fáciles de defender en especial si se trata de un ensayo realizado siempre en un punto fijo geográficamente hablando y el tamaño de la pelota es de varios órdenes dimensionales inferiores a la trayectoria que describe

En cambio la tercera propuesta no responde a la realidad sino que es una simplificación introducida en la experiencia didáctica, a los efectos de que el modelo matemático con el cual se deben realizar los cálculos que permitan lograr el objetivo del tiro, sean acordes a los enseñados en las cátedras matemáticas. En este sentido es importante que en el entorno real construido se reduzcan a su mínima expresión las perturbaciones hidrodinámicas buscando fluidos estacionarios, mínimas turbulencias y las distancias de lanzamiento relativamente reducidas. Esta aparente dificultad en generar el modelo real y el entorno en el que trabajará el brazo robótico que lanzará la pelota, es a la vez fuente de un incremento de las dificultades del problema a solucionar; es decir que para estudiantes de especialización el desafío puede ir creciendo a medida que logren resolver en forma estable los niveles inferiores. La celda robótica en la que se desarrollará la experiencia permite generar situaciones que perturben el movimiento de la pelota de distinta manera, siendo la más sencilla de generar y compleja de modelar matemáticamente, la que se refiere a perturbaciones aerodinámicas.

Son muchos los juegos de destreza reales donde el objetivo es darle un impulso a una pelota para que caiga a través de un aro elevado o en un agujero en el piso. Quizás los dos más populares son el juego de **Basketball** o el juego de **Golf.** La estrategia para darle a la pelota el movimiento de trayectoria varía en ambos casos en forma sustancial, aunque una vez iniciado el movimiento independiente, la trayectoria de la pelota se puede analizar con idénticas leyes. En el primer caso, el brazo -en nuestro caso el brazo robótico- le genera a la pelota el estado energético dinámico en dirección y cantidad de movimiento para que el proyectil continúe la trayectoria en forma independiente. En el segundo caso (golf) el brazo robótico impulsará con diversas características un palo logrando transmitir al proyectil-pelota la energía y características del tiro en el momento del choque elástico o en los milisegundos de contacto.

Iniciamos nuestro objetivo intentando que el brazo robotizado del laboratorio CIM emule el brazo humano de un jugador de basketball. Las articulaciones robóticas para emular el comportamiento se programaron haciendo un estudio analítico de las características del movimiento. El resultado no fue satisfactorio, básicamente porque las velocidades de equipo robótico disponible y su capacidad de aceleración desaceleración no nos permitieron transferir la energía suficiente para un tiro representativo. Sobre la base de la crítica de esta experiencia, se orientó el proyecto a una concepción más parecida al juego de golf. Es de destacar que se pueden reconocer en material disponible en Internet, distintas experiencias en las que un brazo robótico logra un tiro de basketball análogo al de un humano. Las características geométricas y fundamentalmente las características electromotrices del equipo robótico que se usó en esos casos difieren sustancialmente de los equipos que disponemos en nuestro laboratorio. A priori es probable que con unidades especiales complementarias se puedan ampliar las capacidades de nuestros robot para cumplir esa tarea, aunque este desafío fue dejado para un proyecto futuro concentrándonos en esta etapa en un modelo "tipo golf", en el cual la energía se transmite por golpe.

Encaramos el estudio analítico de los factores y movimientos del brazo humano en el juego de golf. El jugador dará el golpe con un palo de características variables en función de la trayectoria que se pretende dar a la pelota y le imprimirá con el brazo (+ el cuerpo completo) un movimiento de manera que el golpe se produzca con una velocidad, energía y ángulos perfectamente definidos. Está claro

que el jugador de golf en su entrenamiento y análisis no calcula y determina numéricamente estas variables en forma conciente y racional al encarar un tiro, inclusive es real que la mayoría de los jugadores de golf ni siquiera tienen un conocimiento matemático que permita modelar las ecuaciones básicas. La forma en que "aprende" un humano es mucho más amplia y sofisticada que la formas en que "aprende" un robot o brazo robótico, en especial cuando hablamos de los equipos industriales que disponemos en el laboratorio.
El programa secuenciado para el modelo real construido en el laboratorio está formado también por un palo de características variables y un programa de computación que le imparte al brazo robótico las directivas para que ejecute el movimiento de la manera deseada. El sistema real se complementa con unidades complementarias para sostener adecuadamente el palo, la pelota, etc. y poder generar en forma estable las condiciones del tiro. Es decir que generado el entorno, el problema consiste en determinar para cada trayectoria buscada las condiciones o variables definitorias y ajustar el palo, brazo robótico en forma programada o mecánica para esa condiciones.
A diferentes posiciones del aro – hoyo se llegará calculando e indicando correctamente las siguientes variables:

- directas
  - Angulo con el cual el palo le pega a la pelota
  - Velocidad de la parte de contacto en el momento del golpe
  - Posición inicial del momento de contacto, y posición final (el contacto palo-pelota se da en un tiempo extremadamente breve pero no nulo)
  - Masa en la punta del palo

- indirectas
  - Energía a transferir con el golpe

Otra variable a definir es la dirección del tiro orientada al objetivo.
Las características de la pelota también se deben tener en cuenta. En este sentido la pelota ya la definimos como una masa puntual, lo cual es una simplificación aceptable del modelo. Sería deseable para un modelo sencillo considerar el golpe palo-pelota como ideal, es decir 100% elástico, pero dista demasiado de la realidad. La energía impartida no se traduce totalmente en movimiento sino que se disipa en distintos aspectos, de los cuales no se puede despreciar el comportamiento anelástico en el choque.
Se comprobó experimentalmente que a valores definidos para las variables principales, el disparo y el resultado de la trayectoria descripta son muy estables, es decir que la respetabilidad está garantizada.
Adaptada la celda robótica a las condiciones específicas descriptas, el desafío para los alumnos es definir en forma analítica según las enseñanzas teóricas impartidas, las variables de ajuste mecánico y las variables de movimiento del brazo, de modo que al realizar el tiro la pelota caiga en una posición definida para cada alumno en particular.

4.1. Serie Desarrollos Complementarios

Independientemente de analizar modelos matemáticos que permitan calcular comportamiento y predecir las condiciones de tiro que después se trasladarán y comprobarán en la celda robótica real, el laboratorio dispone también de entornos de simulación robótica. El entorno de simulación robótica permite construir mundos virtuales en los que se simula comportamientos reales de movimientos robóticos y objetos en cuanto a sus características inerciales, vinculaciones y choques. En dicho simulador robótico también se puede construir una celda análoga a la física real construida con el robot industrial del laboratorio. El simulador robótico trabaja en un entorno computarizado sobre la base de cálculos múltiples pero su base matemática trabaja con modelos muy diferentes a los que se busca que apliquen los alumnos. De usarse el simulador como complemento virtual, el mismo prácticamente se comporta como caja negra para el alumno, recibiendo idénticos parámetros a los del modelo físico real y mostrando en forma grafica tridimensional la trayectoria de la pelota, pudiéndose apreciar por un método diferente si los valores calculados son (a priori) correctos. La posibilidad de adaptar nuestro entorno virtual modelando esta aplicación específica ampliará las capacidades didácticas del ejercicio como un todo.

Otro aspecto desarrollado para complementar el ejercicio, es el uso de técnicas de visión artificial para documentar la trayectoria real de la pelota luego del golpe. La característica que vuelve motivador y atractivo el ejercicio es la comprobación rápida y vivencial del pasaje de la pelota por el aro o de su caída en el hoyo, es decir que los datos calculados y transferidos al robot son adecuados al objetivo indicado al alumno. Comprobar que pasa por el aro o que cae en una posición externa nos indica la última etapa de la trayectoria. Con dos cámaras que fotografíen en intervalos pequeños la posición instantánea de la pelota durante la trayectoria, se podría reconstruir gráficamente en un entorno tridimensional la trayectoria real de la pelota, potenciando el estudio. Esta técnica puede ser muy interesante cuando el modelo teórico dista del modelo real, por ejemplo porque aparecen perturbaciones adicionales de tipo turbulencias.

5. LA "SERIE DE PRACTICAS LÓGICO - MATEMÁTICA" Y LA TELEPRESENCIA

Como se menciona al inicio, el laboratorio CIM ha desarrollado para su propio uso una unidad de cámara-imagen que permite observar situaciones que se realizan allí, vía Internet. El equipo montado sobre dos articulaciones permite orientar la cámara sobre el área deseada desde una unidad remota (ubicada en la aldea global). La posibilidad de ampliar las prestaciones descriptas a todo el país no está limitada a encuentros reales de alumnos en el ámbito local del laboratorio CIM-FI-UNLZ sino que se busca que el laboratorio didáctico-áulico permita participar a distancia. En ese caso, el alumno percibirá no sólo todos los alcances de la robótica actual, el efecto de su trabajo sobre los brazos antropomórficos, sino también vivenciará en forma efectiva las posibilidades de la Tele-presencia.

6. CONCLUSIONES

En el marco de una de las líneas de investigación del Laboratorio CIM-Robótica de la FI-UNLZ en conjunto con las cátedras de Matemática de esta unidad académica, se buscó ampliar la integración del equipamiento y las unidades de automatización robótica a mayor cantidad de actividades en la formación de nuestros alumnos. Matemática, Estadística y Lógica formal son herramientas fundamentales que se complementan siempre en la tarea de estructurar modelos. En este marco, la experiencia del grupo transdisciplinario, ha seguido la línea de investigar cómo generar mejores ambientes de aprendizaje, cómo orientar desde el principio la formación al alumno como "solucionador de problemas", cómo integrar evolutivamente los conocimientos recibidos en las distintas etapas de la capacitación y –no menos importante- cómo potenciar el aprendizaje a través de la motivación y la "auto-motivación".

De esta manera, se ha partido de experiencias previas, que fueron revisadas y potenciadas, en tanto se ha logrado complementarlas con la generación de aplicaciones orientadas al modelado matemático. Las propuestas diseñadas permiten aumentar los niveles de motivación por el estudio de la matemática, al cobrar sentido para la resolución de problemas prácticos. En consecuencia, se ha logrado incrementar la percepción por parte de los alumnos de los primeros cursos, acerca de la utilidad práctica de la matemática en su carrera.

Es de destacar también que con este entorno, el laboratorio CIM-Robótica de la FI-UNLZ puede ser utilizado por alumnos que se encuentren en diferentes puntos geográficos, sobre la base del uso de las tecnologías de telepresencia, lo que genera un importante incremento del aprovechamiento de los equipos disponibles. Esto está asociado al objetivo central de volver realidad práctica las posibilidades de la tele-presencia, la tele-operación y la multi-operación, ya sea en el entorno industrial productivo o en el ámbito académico-práctico.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] AGUAYO RAFAEL DEMING W.EDWARDS (1993)."El Método Deming "Javier Vergara Editor S.A., Buenos Aires, Argentina

[2] BAQUERO, RICARDO ; CAMILLONI, ALICIA R.W. DE ; CARRETERO, MARIO ; CASTORINA, JOSÉ ANTONIO ; LENZI, ALICIA ; LITWIN, EDITH "Debates constructivistas", Buenos Aires : Aique, 1998

[3] BAUER JORGE (2003) Qualitaetssicherung und die Erstellung von Qualitaetsicherungssysteme an Organisationen fuer die universitaere Ausbildung von IngenierInnen, Tesis doctoral . TU-Wien. Universidad Técnica de Viena, Austria.

[4] BAUER J.M. (2000).“Quality Management in Education at the University”.1st European Quality days in Kosova Sept. 27-8/2002

[5] PAPERT, SEYMOUR. “Desafío a la mente. Computadoras y Educación.”(1981). Editorial Galapago. Buenos Aires.

[6] PIAGET (1971): “Psychology and Epistemology”., Penguin Books. Middlesex, England

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

Análise Metodológico da Melhoria de processos através do Coaching Apreciativo

Pedreira de Cerqueira, Sonia Cristina; Soto Rojas, Evelyn Paola; Novaski, Olivio

Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas
CEP 13083-860. sonia@fem.unicamp.br

RESUMEN.
A demanda por mudanças nas praticas de negócios, como a busca de criação de una cultura que valorize o alto desempenho, gerou no Brasil um grande interesse pelo *Coaching*, expandindo sua aplicação amplamente nos últimos anos.
Atualmente, o coaching é considerado como uma ferramenta de liderança e de gestão de personas. De acordo com Flaherty (2010) o *coaching* permite trabalhar com pessoas para torná-las mais competitivas e realizadas visando que possam ser capazes de contribuir na suas organizações e encontrar significado no que estão a fazer.
O processo de *coaching* permite estabelecer uma relação de confiança e segurança entre o coach y seu cliente (*coachee*) dentro de uma inter-relação criativa e estimulante para o desenvolvimento e potencialização de competências
A abordagem do coaching pode se dar de diferentes pontos de vista. A escolha da abordagem correto é vital para alcançar o resultado desejado.
Um aspecto fundamental sobre o coaching é que se trata de um processo transformacional; um líder pode transformar uma organização e obter o comprometimento de seus colaboradores, através de uma mudança provocada no seu comportamento (GOLDSMITH, 2003). Por tanto, o coaching exige grandes qualidades nos gerentes, tais como empatia, desprendimento e integridade.
Entre os vários modelos existentes hoje em dia para el desenvolvimento de *coaching*; para el desenvolvimento de este trabalho se escolheu o modelo que tem como foco o que "há de melhor nos clientes" e na busca de problemas para ser resolvidos. Este modelo é denominado de *Coaching* Apreciativo e tem como fundamento a psicologia positiva e a ferramenta desenvolvida por David Cooperrider (2009) conhecida como Investigação Apreciativa.
Uma amostra de 10 profissionais de uma industria de fabricação de máquinas para embalagens que foram educados baixo o modelo de *Coaching* Apreciativo foi usada para mostrar como melhorias de processos resultam a partir de considerações apreciativas.
Dos conclusões são relevantes. A primeira é que no todos os profissionais estão preparados para pensar abreviativamente no seus processos toda vez que vivem em ambientes de comando e controle donde essas praticas são praticamente difíceis de acontecer. A segunda é que os profissionais que se aderiram ao *coaching* apreciativo tem resultados comportamentais e técnicos porque criaram na condução de seus processos estruturas de interpretação que geram comportamentos baseados em aprendizagens com foco em linguagens e experiencias.

Palavras Chaves: Coaching apreciativo, melhoria de processos, desenvolvimento organizacional, liderança.

1. INTRODUÇÃO

A gestão da mudança organizacional constitui uma das preocupações principais dos gestores para enfrentar o desafio da sobrevivência no mercado atual cada vez mais competitivo. Uma das medidas inovadoras adotadas nos últimos anos pelas organizações é a aplicação do Coaching com o objetivo de criar novas perspectivas de trabalho através de novos conhecimentos, habilidades e atitudes nos seus colaboradores. O Coaching, não envolve diálogo sobre fraquezas ou problemas, mas sim foco nas forças existentes e nas distintas competências que possui cada colaborador dentro de uma organização.
A Federação Internacional de Coaching, define o Coaching como "Um relacionamento contínuo que se centra nas aciones tomadas pelos clientes para a realização de suas visões, objetivos e desejos. O Coaching usa um processo de investigação e descoberta pessoal para construir um nível de consciência e responsabilidade no cliente. O coaching fornece ao cliente apoio, uma estrutura e feedback que permitem atingir metas profissionais e pessoais mais rápido e com mais facilidade."
Neste sentido, o coaching tem enormes benefícios para as organizações e para os seus colaboradores. Quando é bem aplicado, toda a organização pode aprender coisas novas e, portanto, mais rapidamente se adaptar às mudanças de forma mais eficaz.
Uma nova abordagem de Coaching é o denominado Coaching Apreciativo, que surgiu com base nos princípios e estrutura da Investigação Apreciativa. A Investigação Apreciativa é uma filosofia positiva que ajuda a conduzir mudanças positivas nas organizações.
De acordo com Orem, Binkert e Clancy (2007) trata-se de treinamento com relação positiva entre o *Coach* (treinador) e seu cliente. O método de Coaching Apreciativo leva o cliente a se inspirar e ter uma visão empoderadora sobre si mesmo e seu futuro, ao invés de focar nos problemas e limitações pessoais.
Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia aplicada à melhoria de processos seguindo o enfoque do Coaching Apreciativo. A metodologia consta de 5 fases, sendo estas: A fase de aproximação coach-coachee; a fase de abertura do coachee, a fase de avaliação do coachee; a fase da ação: Scorecard da competência (plano de ação) e a fase de auto-realização do coachee.

1.1-Coaching Apreciativo

O Coaching Apreciativo é uma nova abordagem que surgiu no início dos anos 1980 a partir do trabalho desenvolvido por David Cooperrider, Suresh Srivastva e Ron Fry, que propuseram uma nova abordagem baseada no que era bom nas organizações, no por que e que tem funcionado bem e de forma eficiente nelas. Deixando atrás de esta forma as abordagens baseadas na "resolução de problemas" dentro das organizações. O Coaching Apreciativo foca-se no desenvolvimento de pessoas, e resultou da integração do Coaching com a Investigação Apreciativa e a Psicologia Positiva.
O Coaching apreciativo é considerado como uma nova metodologia de liderança que procura mudanças positivas nas organizações. A liderança apreciativa (que vai muito para além da liderança tradicional) encerra em si um conjunto de praticas orientadas para a realização humana, valorizando o que é positivo na vida.
De acordo com Cooperrider e Whitney (2005), a Investigação Apreciativa consiste em uma alavancagem dos pontos fortes das pessoas, suas organizações e do mundo em torno delas. A investigação apreciativa envolve a arte e a prática de fazer perguntas que reforcem a capacidade de um sistema para aumentar o potencial positivo". Ela mobiliza inquérito através de elaboração de uma "questão não-condicional positiva". A investigação Apreciativa não visa mudar as pessoas mas sim estimulá-las a assumir compromissos com vista à construção de organizações agradáveis de trabalhar, orientadas para as soluções através da exploração das suas forças.

No contexto organizacional, a psicologia positiva defende a necessidade de uma gestão positiva como forma de criar efeitos positivos para os seus membros e para o próprio desempenho da organização. Isto deve ser realizado através da identificação das qualidades dos indivíduos e da extração do melhor das suas capacidades, ao mesmo tempo que se devem criar ambientes organizacionais facilitadores do crescimento dos colaboradores, Cunha, M. P. et al (2008).
Em resumo, coaches apreciativos enfatizam que os indivíduos não precisam ser "consertados", mas em vez disso requerem constante afirmação.

2. METODOLOGIA COACHING APRECIATIVO 5A

Entre as muitas propostas de trabalho de coaching expostas na literatura e oferecidas no mercado, para este trabalho foi escolhido o coaching apreciativo. Dentro do conceito de coaching apreciativo foi desenvolvida a metodologia que chamamos de 5 A.
Será apresentada inicialmente a estrutura conceitual da metodologia 5 A assim como sua descrição de trabalho. No modelo 5ª são programados dez encontros para trabalhar uma competência escolhida pelo coachee ou pela organização em que ele trabalha.
O modelo 5ª recebeu este nome por conter em suas ações básicas cinco fases com palavras da língua portuguesa começadas com a letra A: aproximação, abertura, avaliação, ação e auto-realização.

Figura. 1 *Etapas da Metodología 5S*

2.1 Detalhamento das fases do modelo 5 A
Será apresentado a seguir o detalhamento de cada fase do coaching apreciativo 5 A.

2.1.1 Primeira fase - A fase de aproximação coach-coachee
Nesta fase o coach busca estabelecer o relacionamento inicial com seu coachee logo no primeiro encontro/sessão. O tipo de relacionamento necessário para o coaching não é baseado no "gosto/não gosto" de você, tanto do coach para seu coachee quanto do coachee para o coach.
O coach distribui antes do encontro para seu coachee um questionário e neste primeiro encontro analisa com o coachee suas respostas sempre oferecendo juízo de razão. Nunca deve o coach oferecer juízo de valor ou demonstrar preferências por qualquer alternativa que lhe seja sugerida.
Os ingredientes básicos para o coach estabelecer relacionamentos construtivos e abrir um canal verdadeiro de transferência com seu coachee são: mútua confiança, mútua liberdade de expressão e mútuo respeito.

2.1.2 Segunda fase - A fase de abertura do coachee
Nesta fase o coach busca encontrar um canal de comunicação focado nas necessidades do seu coachee. O coaching começa de verdade quando ou o coach ou o coachee identificam uma abertura para se relacionar e trabalhar.
Usualmente o coach percebe a abertura ou o próprio coachee já vai dizendo o que ele necessita do coach, oferecendo assim uma abertura. Aberturas normalmente acontecem quando a tranquilidade da rotina de vida do coachee é perturbada. Seja por algo que quebre sua rotina, seja por oferta de alguém, seja por uma mudança de circunstâncias que requerem do coachee novas competências ou melhoria das atuais. Quando uma dessas aberturas acontece num domínio de vida do coachee, ou num esquema de comprometimento que ele deve honrar, então surge uma oportunidade real para desenvolver o coaching.

2.1.3 Terceira fase - A fase de avaliação do coachee
Nesta fase o coach avalia o quanto o coachee está pronto para agir na busca da melhoria de uma competência comportamental acordada entre ambos. Aqui nesta fase é a hora dos dois gerarem o acordo quanto à competência comportamental a ser trabalhada e definir juntos um compromisso mútuo de melhoria dela num prazo estipulado de comum acordo.
Antes de começar a desenvolver essa avaliação o coach deve entender um pouco mais da rotina de vida diária de seu coachee. Três dimensões devem ser exploradas:

- ✓ O nível de conhecimento do coachee quanto ao tópico coaching;
- ✓ Como funciona a estrutura de interpretação do coachee. Como ele observa o mundo a sua volta e como ele se sente inserido nele:
- ✓ O quadro de relacionamentos, projetos e práticas que fazem parte da vida do coachee.

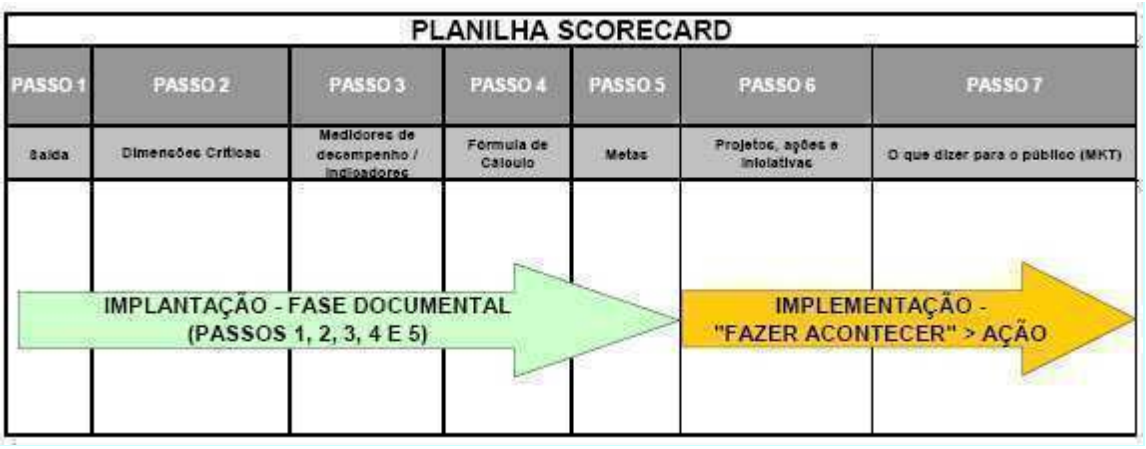
Duas são as formas de se explorar as três dimensões: ou conversando com o coachee e as pessoas com quem ele se relaciona, ou observando o coachee em ação. Nesta fase o coach determina o escopo do seu serviço de coaching. Qual deve ser o trabalho que ele vai desenvolver para assegurar que o coachee possa melhorar uma competência comportamental acordada entre ambos. Deve-se acordar uma única competência a ser trabalhada. Se mais de uma tiver necessidade de ser trabalhada, o coach com seu coachee devem estabelecer um critério adicional e escolher uma só.
Nesta fase usamos no modelo 5A um exercício de observação durante 10 dias consecutivos para que seja possível avaliar um fim-de-semana do coachee.

2.1.4 Quarta fase - Fase da ação: Scorecard da competência (plano de ação)
Nesta fase o compromisso formal coach-coachee de trabalhar uma determinada competência comportamental buscando sua melhoria é consolidado através do Scorecard da competência/plano de ação usado como sensor para medição do sucesso.

O coach analisa criticamente com seu coachee o relatório do exercício de observação feito pelo coachee na terceira fase. Procura-se identificar nesse relatório possíveis quebras de sistemas de vida profissional e pessoal do coachee. O coach e cochee discutem o novo comportamento esperado para o coachee consequente da competência a ser trabalhada e definem novas práticas e possíveis obstáculos ao processo de melhoria desejado para a competência comportamental escolhida.
Finalmente nesta fase o coach mostra para seu coachee, através de um exemplo real, como construir uma planilha *Scorecard* da competência comportamental a ser melhorada e pede que ele prepare uma para discutir no próximo encontro/sessão de coaching. Esta constitui uma das fases mais importantes do processo porque o coachee inicia a execução dos projetos/iniciativas/ações definidas no Scorecard da competência sob a orientação do coach.
No modelo 5 A são sugeridas sete etapas sucessivas para o desenvolvimento da planilha *Scorecard*. As etapas devem ser seguidas uma a uma de maneira que, ao passar para a próxima etapa, esteja tudo muito claro, discutido e definido para que erros/enganos não sejam propagados. As etapas são:

- ✓ **Etapa 1 –** Saídas desejadas, ou seja: o que deseja que aconteça;
- ✓ **Etapa 2 –** Dimensões críticas, ou seja: como será discutido o que sedeja que aconteça. São os pontos de vista sobre o que queremos que aconteça;
- ✓ **Etapa 3 –** Medidores/indicadores de desempenho, ou seja: o que indica quese está fazendo acontecer algo segundo a dimensão crítica escolhida. Por exemplo, os indicadores: custo, tempo, medida de tendência central, e outros;
- ✓ **Etapa 4 –** Fórmula de cálculo, ou seja: como calcular o resultado numérico do indicador (se for o caso). Média, mediana e moda são medidas de tendência central e têm fórmulas de cálculo diferentes. A todo indicador corresponde pelo menos uma fórmula de cálculo;
- ✓ **Etapa 5 –** Meta, ou seja: a quantificação do indicador;
- ✓ **Etapa 6 –** Projetos, ações e iniciativas, ou seja: o que fazer para alcançar a meta;
- ✓ **Etapa 7 –** O que dizer para o grande público (marketing), ou seja: o discurso sobre a saída que deseja que aconteça.

A seguir tem-se a apresentação do formato da planilha *scorecard.*



2.1.5 Quinta fase - Fase de auto-realização do coachee

Nesta fase o coach e o coachee relatam e comemoram o sucesso alcançado no trabalho de coaching realizado.

Logo após ao início da execução dos projetos/iniciativas ações definidas no Scorecard, o coach analisa de tempos em tempos o relatório de progresso alcançado pelo coachee na melhoria da competência comportamental escolhida. Analisam juntos os novos comportamentos do coachee e as consequências, os efeitos e os ganhos reais obtidos pela nova competência adquirida.

O coach investiga com seu coachee relacionamentos novos, melhoria nos relacionamentos antigos, a nova identidade do coachee perante ele mesmo e outras pessoas, os resultados. Nesta oportunidade consolida os resultados e avalia as recomendações do coachee para o futuro. O coach combina com seu coachee como serão os futuros encontros/sessões de coaching para acompanhamento do sucesso e/ou trabalhar novas competências.

O coach e seu coachee comemoram o sucesso e preparam uma declaração de encerramento do trabalho com a competência comportamental escolhida com uma especificação dos ganhos obtidos.

3. ESTUDO DE CASO

A empresa foco de estudo deste trabalho é uma empresa de manufatura multinacional com sede na Suiça. Dentro de sua diretriz estratégica está a educação e treinamento de seus principais líderes para que eles se tornem coaches em seus locais de trabalho.

No Brasil, dez executivos líderes frequentaram um programa de formação de coaches na metodologia de coaching apreciativo apresentada. A formação inicial foi de oito dias de curso somando sessenta e quatro horas. Após o curso os executivos fizeram coaching entre eles e tiveram o prazo de três meses para aplicar o processo completo de coaching em seus principais colaboradores. Com o processo concluído eles deveriam fazer uma avaliação do processos com seus coachees e preencher um relatório do processo, com observações pessoais e conclusões de melhoria de processo após a conclusão do coaching. Estes relatórios foram entregues ao principal executivo da organização para análise juntamente com a equipe de consultoria responsável pelo curso e acompanhamento do processo de coaching.

O total de pessoas que passaram pelo processo de coaching foram vinte e oito pessoas.

Para se apurar os resultados do processo de coaching foram feitas análises dos relatórios entregues pelos coaches. Para direcionar a avaliação dos relatórios, foram inseridas questões para que os executivos coaches respondessem, conforme quadro seguinte:

1. Quantos coachees da sua área levaram o processo até o final?
2. Algum coachee apresentou resistência ao trabalho de coaching?
3. Na avaliação final do processo houve alguma avaliação negativa?
4. Quantos coachees apresentaram melhoria de comportamento?
5. Foi percebida melhoria nos processos de trabalho devido ao desenvolvimento de competências?

Após a análise do questionário, foi marcada uma entrevista pessoal com cada executivo coach para que eles, pessoalmente falassem de todo o processo esse gostariam de esclarecer alguns pontos.

Quanto aos resultados referente aos relatórios apurou-se que até a data de entrega do relatório 23 coachees levaram o processo até o final. Foi questionado o por quê 5 coachees não haviam concluído o processo e foi levantando o fato que estas pessoas faziam parte de um grupo precisou viajar para a sede na Suiça.

A resistência inicial ao trabalho de coaching acontece quando este é imposto pela organização, mas faz parte da competência do coach trabalhar esta resistência inicial. O que foi o caso da empresa

estudada neste trabalho. Segundo os relatórios, quatro pessoas apresentaram uma resistência quanto ao trabalho.
Com o final do processo não houve avaliação negativa do coaching na organização. Durante a entrevista, os coaches que tiveram coachees com resistência inicial afirmaram que esta resistência desapareceu com o desenvolvimento do trabalho.
A melhoria do comportamento no local de trabalho foi avaliada pelos líderes que perceberam melhoria evidente no comportamento de dezenove pessoas.
Entre os dez líderes que aplicaram o coaching em alguns funcionários de suas áreas de trabalho, sete executivos declararam a ocorrência de melhoria nos processos. Durante a entrevista seis executivos declararam haver a necessidade de uma ferramenta objetiva para a avaliação dos processos.

4.-CONCLUSÕES

O trabalho de aplicação de coaching apreciativo dentro de uma industria metal mecânica, alvo de estudo para este artigo, permitiu que se levantasse duas conclusões sobre uma metodologia apreciativa dentro de ambientes de trabalho diversos, incluindo o ambiente operacional.
A primeira conclusão aborda o ambiente de comando e controle vivido dentro das indústrias de manufatura. Introduzir uma cultura apreciativa com foco no que o colaborador da organização faz de bom é um desafio para este tipo de empresa a cada fase do trabalho. Muito se pensa no desenvolvimento e melhoria do produto e processos, esquecendo-se que o comportamento, a linguagem e a experiencia das pessoas são os fatores reais que vão fazer com que a melhoria aconteça. O trabalho de coaching apreciativo foi possível principalmente pelo esforço dos líderes da organização em querer implantar uma cultura apreciativa, com foco no comportamento positivo das pessoas que conseguisse chegar até o nível operacional da organização.
A segunda conclusão é que a metodologia de coaching apreciativo 5 A mostrou-se uma ferramenta eficaz na melhoria dos processos de trabalho, uma vez que fez com que o colaborador da organização pensasse e analisasse seus comportamentos dentro dos seus processos de trabalho, construindo para ele e para a organização uma meta real de melhoria comportamental com foco em seus processos.
Como conclusão final deste trabalho, o que se propôs com a metodologia de coaching apreciativo 5 A, foi colocar em evidencia a possibilidade de mudança de métodos para melhoria de processos. Com o desenvolvimento do coaching apreciativo foi realizada a melhoria de processos organizacionais e de trabalho com foco no comportamento do colaborador e dentro de uma cultura positiva.

BIBLIOGRAFIA

CUNHA M. P. et al (2008). Organizações Positivas - Manual de trabalho e formação. Edições Sílabo, 1a Edição. Lisboa.

COOPERRIDER, D.L. & WHITNEY, D. (1999). Aprreciative Inquire.San Francisco. Berret- Kochler.

FLAHERTY J. Coaching: Evoking Excellence in Others, (2010)

GOLDSMITH, Marshal. Coaching: O Exercício da Liderança. 7ª ed. Rio de Janeiro, Elsevier: DBM, (2003)

OREM, S. L., BINKERT, J. & CLANCY, A. L. (2007). Appreciative coaching: A positive process for change. San Francisco: Jossey Bass.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES COMPUESTOS

*Ing. Pelissero, Mario A.[1], Lic. Murgía, Marcela[2], Ing. Saenz, Mariano[3], Chiaravalloti, Alejandro[4], Falconaro, Federico[5], Gastelu, Gabriel[6], Leidi, Franco[7], Pacífico Ravera, Jorge[8], Trebollé, Federico[9]

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires
Av. Medrano 951; C.A.B.A.; Argentina

[1]marioalberto57@arnet.com.ar, [2]marcelamurgia@yahoo.com.ar,
[3]marianoalbertosaenz@yahoo.com.ar, [4]chiaravalloti_alejandro@yahoo.com.ar,
[5]fedefalconaro@gmail.com, [6]Gabriel.gastelu@hotmail.com, [7]franco_moquehua@yahoo.com.ar,
[8]macci223@yahoo.co.uk, [9]fetrebolle@gmail.com

RESUMEN

El grupo de docentes de la asignatura Química Aplicada, dictada en el segundo nivel de la Carrera Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica Nacional FRBA creyó necesario realizar la actualización de contenidos del programa de estudio considerando la aparición continua de nuevos materiales en el ámbito industrial junto a las innovadoras tecnologías de su fabricación, es por ello que se incorporó una nueva unidad temática denominada “materiales compuestos”.
La temática de materiales se trata desde diferentes puntos de vista a lo largo de la carrera por ello su inclusión en los primeros niveles de la carrera facilitaría su incorporación como parte de su cultura profesional.
El objetivo es que los alumnos puedan reconocer los materiales sobre la base de su estructura, propiedades físicas; químicas y mecánicas; además de conocer las tecnologías de su fabricación, los usos más frecuentes; desde lo académico debemos presentar un panorama actualizado de los materiales para que el futuro profesional tenga mejores herramientas de decisión para su selección.
Desde lo pedagógico, para alcanzar este objetivo estamos implementando la utilización de la Tecnologías Informáticas de Comunicación (TIC´s), esto es un interesante desafío pues, además de la inclusión de este nuevo tema estamos experimentando con la utilización de los recursos multimedia; finalmente haciendo uso de las herramientas que brindan las TIC´s se estableció un mecanismo de comunicación con los alumnos mediante la creación de grupo virtual de comunicación y consulta http://espanol.groups.yahoo.com/group/quimicaaplicadautnfrba/.
Nuestra meta es la mejora continua y la apropiación de estos recursos, estamos convencidos que nuestra propuesta seguramente redundará en una mejora en la calidad del aprendizaje.
Los resultados esperados de este nuevo enfoque son el de generar un estado de conciencia y el manejo eficaz de los materiales que se utilizan en la industria y su proyección al futuro.

Palabras Claves: Ingeniería, Mecánica, Materiales, Compuestos, TIC´s

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años se puede apreciar que existe una marcada tendencia a construir los objetos de uso diario a partir de combinaciones de materiales es por ello que luego de considerar la importancia que ha adquirido el tema especialmente en el área de la mecánica; los docentes de la cátedra de la asignatura "Química Aplicada" decidimos que resultaría conveniente agregar la temática relacionada de los materiales compuestos.

La asignatura "Química Aplicada" está basada principalmente en el estudio de los materiales que no son metálicos; es decir los polímeros, los cerámicos y los vítreos; de esta forma que su inclusión es un aporte más al entendimiento de la realidad tecnológica vinculada a los materiales de uso corriente.

La propuesta académica está basada en una metodología de trabajo que se está aplicando desde hace unos cuantos años en esta cátedra con total éxito. Esta aseveración se basa en los comentarios recogidos tanto durante el dictado de la asignatura como en los Congresos que hemos participado y en las evaluaciones académicas en concursos que ha participado el Dtor. de cátedra el Ing. Pelissero.

El procedimiento pedagógico se basa en primer término es explicar la evolución histórica del tema para entender la razón de su existencia, su definición en forma clara, concisa y concreta para facilitar su memorización y entendimiento, luego la caracterización mediante las propiedades que lo definen y los ensayos que se les practican; a continuación, a los efectos de comprender la naturaleza de los materiales se describe su composición y estructura; seguidamente se desarrollan los métodos de fabricación que se practican en la industria, en este caso se ha incluido un apartado vinculado a la aplicaciones de materiales compuestos en la industria automotor, tema que siempre resulta atractivo para la Ingeniería Mecánica; finalmente aparecen las referencias de los avances de la ciencia tanto en nuevos materiales como las propuestas tecnológicas para su fabricación, hemos notado que los temas que aparecen en los textos de consulta como novedosos o de avanzada suelen estar ya instalados en la industria, signo evidente de que muchas veces tanto los textos como la academia se encuentran retrasados en el tiempo con respecto al avance tecnológico.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El estudio académico de los materiales compuestos está fuertemente relacionado con la industria aeroespacial donde su aplicación resulta fundamental.

La industria aeronáutica se inicia a principios del siglo XX y es a partir de allí que se observa la imperiosa necesidad de nuevos materiales; en ese ámbito es que se desarrolla el uso masivo del aluminio y luego el titanio sin embargo recientemente además de las nuevas aleaciones metálicas de metales de baja densidad surgen los materiales compuestos constituidos por soportes poliméricos acompañados por materiales fibrados de naturaleza orgánica y mineral.

La industria en general pero la aeronáutica en particular requieren de materiales de baja densidad y alta resistencia ya que resulta crucial que los transportes sean cada vez más livianos pero que transporten más carga o en su defecto consuman menos combustibles; este enfoque es actualmente considerado también en el transporte terrestre.

Los cambios en el ámbito aeronáutico respecto de los materiales compuestos se puede observar en la aviación comercial pues el avión Boeing 737 del año 1967 tenía un 5% en peso de materiales compuestos mientras que en el avión Airbus A 340 del año 1998 esta cifra trepó hasta un 20%, además algunos de las aeronaves de combate más modernas cuentan con fuselajes construidos casi totalmente con materiales compuestos. [1]

Pero de ninguna manera podemos decir que este sea el único ámbito de aplicación de estos materiales o que sean el gran descubrimiento tecnológico del siglo XX pues desde antes de la industria aeroespacial se elaboran productos que llevan implícito el concepto de material compuesto.

- En la industria metal-mecánica podemos apreciar el reemplazo de las chapas metálicas por materiales poliméricos laminados reforzados con fibras de vidrio, Kevlar o carbono. Estos materiales compuestos cuentan con mejores propiedades mecánicas y resultan de menor densidad del material lo que implica un menor peso por unidad de superficie.
- Los elementos metálicos para trasmitir energía mecánica son reemplazados por correas y cintas de caucho reforzadas con fibras textiles o metálicas; las ventajas de esta sustitución quedan reflejadas en una mayor flexibilidad, menor peso y más simples de fabricar.
- Las cañerías metálicas para todo tipo de fluidos e incluso en los sistemas de transmisión con fluidos hidráulicos donde se trabaja a presiones muy elevadas son reemplazadas por tuberías plásticas o de caucho reforzadas con sistemas múltiples de telas plásticas y metálicas.
- Los ladrillos de adobe representan la aplicación más antigua de estos materiales, con estos ladrillos se construyeron las pirámides del Antiguo Egipto, en su fabricación se utilizaba arcillas y material fibrado vegetal para otorgarle mayor resistencia.

3. DEFINICIÓN

Los materiales compuestos son aquellos constituidos por la unión de dos o más materiales con la condición que cada uno mantenga sus características funcionales.
Se han desarrollado con el objetivo de otorgar o mejorar alguna propiedad de un material asociándolo con otro, de allí el nombre de materiales compuestos. [2]
Los materiales compuestos se encuadran dentro de las denominadas ***innovaciones tecnológicas*** y su creación surge como respuesta a un problema tecnológico o a una mejora técnico o económica de un producto en uso.

4. PROPIEDADES FACTIBLES DE SER MEJORADAS

- Resistencia mecánica
- Densidad
- Tenacidad en condiciones normales y en altas temperaturas
- Resistencia a la corrosión
- Dureza
- Conductividad calórica y eléctrica.

5. PROPIEDADES CARACTERISTICAS

Resistencia a la deformación específica y módulo de elasticidad específica
La necesidad de obtener materiales más resistentes de menor peso hizo que tanto la resistencia y el módulo de elasticidad tuviera en cuenta la densidad del material; de esta forma aparecen las denominadas propiedades específicas que se representan de la siguiente forma:

Considerando a δ como el peso específico y se representan de la siguiente forma:

1. La resistencia la deformación específica es $\mu_{esp.} = \mu / \delta$

2. El módulo de elasticidad específico es $E_{esp.} = E / \delta$

En la Figura 1 se representa el comportamiento de las fibras utilizadas como refuerzo en función de la resistencia a la deformación específica y al módulo de elasticidad específico. [3]

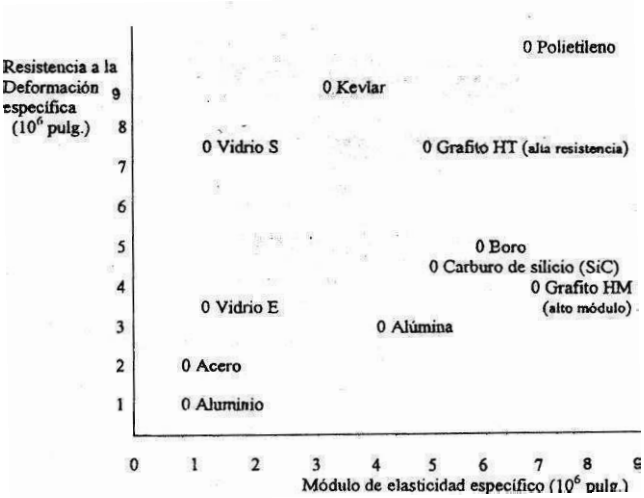


Figura 1 *Resistencia a la deformación específica en función del módulo de elasticidad específico.*

6. ENSAYOS

Los materiales compuestos están sujetos a los ensayos habituales que se practican al resto de los materiales; lo característico es que las probetas de los materiales compuestos de matriz polimérica sometidas a ensayos destructivos carecen del enervamiento característico antes del límite de rotura. En estos casos coinciden la cargas de enervamiento y de rotura; de esta forma cuando se necesita calcular un material compuesto se debe considerar que los coeficientes de seguridad serán de menor valor que los aplicados en los materiales metálicos. [4]

7. COMPOSICION

Los materiales compuestos están constituidos por:

- Un material denominado ***matriz*** que oficiará de soporte o base.
- Un material que actúa como ***mejorador o reforzante*** de la o las propiedades a modificar. [2]

7.1 Matrices

El material que constituye la matriz tiene la responsabilidad de las propiedades generales de los materiales compuestos; esto involucra tanto a las propiedades físicas como a las químicas.
La matriz debe cumplir las siguientes funciones:

1. Soporta los materiales reforzantes manteniéndolos en su posición correcta.
2. Transfiere la carga aplicada al material compuesto a los materiales reforzantes.
3. Controla la propagación de las fisuras a lo largo del material compuesto.
4. Protege las fibras de los daños que pueden sufrir durante el proceso de fabricación y en el lugar de su aplicación.

7.1.1 Tipos de matrices

- Termoplásticas
- Termorígidas
- Elastoméricas
- Metálicas
- Cerámicas

7.2 Materiales reforzantes

La función del material mejorador o reforzante es la de proveer o incrementar alguna propiedad del material compuesto.

7.2.1 Clasificación de los materiales reforzantes

- Particulados
- Fibrados
- Laminados

7.2.1.1 Materiales reforzantes particulados

Dentro de este tipo de material cabe citar a:
SAP (syntherized aluminium powder), estas siglas del idioma ingles significan polvo de aluminio sinterizado; este producto se utiliza para el moldeo de auto piezas.
Cermet, el nombre deriva de la abreviatura de las palabras cer (ceramic) y met (metal), por ejemplo Carburo de tungsteno (WC); carburo de silicio (SiC); otros ejemplos: diamante; negro de humo. [5]

7.2.1.2 Materiales reforzantes fibrados

Entre los materiales de este tipo más conocidos se encuentra el PRFV; Plástico Reforzado con Fibras de Vidrio usado en las carrocerías de todo tipo de vehículos y otro de los materiales muy utilizados es el hormigón armado (cemento reforzado con varillas de acero).

Tipos de fibras

- Vidrio
- Metálica
- Carbono
- Orgánica
- Aramida
- Boro

Consideraciones de las características de las fibras y su aplicación

- Relación de forma
- Cantidad de fibras
- Orientación
- Presentación laminar y volumétrica

7.2.1.3 Materiales reforzantes laminados

Estos materiales corresponden a las múltiples combinaciones de laminados practicados en la industria de la madera y que en muchos casos tienen además cubiertas poliméricas (Formica).

8. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

8.1 Factores que condicionan el sistema de moldeo

La decisión del método de fabricación más adecuado dependerá de muchos factores tal como:

- Cantidad de piezas
- Velocidad de producción
- Cantidad y tipo de material reforzante
- Contenido de cargas y aditivos
- Terminación superficial
- Costos

8.2 Métodos de fabricación de piezas [6]

- Centrifugación
- Colada: *Discontínuos o manual; por ejemplo:* (filament laying)
- *Continuos; por ejemplo*: colada a presión
- Enrollamiento (filament winding)
- Inyección
- Inyección sándwich o co-inyección
- Moldeo bajo vacío
- Moldeo por transferencia de resinas (RTM)
- Prensado
- Proyección
- Pultrusión

9. MATERIALES COMPUESTOS UTILIZADOS EN INGENIERÍA MECANICA

9.1 Materiales compuestos formados con matrices poliméricos y reforzantes fibrados [7}

- Carcazas de bombas centrífugas
- Tanques para el almacenamiento de fluidos
- Instalaciones fabriles, entre otros perfiles, barandas, plataformas y escaleras
- Cañerías
- Chapas para techos y paredes
- Industria bélica
- Industria automotriz
- Actividades deportivas

9.2 Materiales compuestos enteramente metálicos (combinación de metales)

- Chapas y caños galvanizados
- Hojalata

9.3 Materiales compuestos en forma de sándwich o estructurales

La industria aeroespacial ha generado una serie de nuevos materiales constituidos por la combinación de un núcleo en forma hexagonal (nido de abeja) que soporta dos láminas en ambos extremos; en algunos casos tanto el núcleo como los laterales son metálicos de aleaciones de aluminio pero también como en los satélites resulta un núcleo de aluminio con laterales de resina

epoxi reforzada con fibra de carbono. Otro ejemplo simple de este tipo de material es el cartón corrugado (un papel onda cubierto por dos papeles de igual o distinta características.

9.3 Materiales celulares metálicos

De forma similar a la estructura ósea se está ofreciendo a la industria aeroespacial un material constituido por una lámina de una aleación de aluminio en la cual se deposita otra aleación similar en forma de espuma que se cubre con otra lámina metálica; el producto resultante es de un peso específico muy bajo y de una extraordinaria resistencia o sea ideal para la construcción de fuselajes.

9.5 Materiales compuestos de matriz polimérica y refuerzo cerámico: abrasivos

- Piedras de amolar
- Telas esmeriles y papeles de lija
- Discos de corte

9.6 Materiales de fricción

- Pastillas de freno y forros de embrague

9.7 Materiales compuestos de matriz asfáltica y material reforzante mineral (asfalto fibrado)

La industria automotor utiliza productos de esta naturaleza para proteger al vehículo de los impactos producidos por los objetos que las ruedas proyectan contra las carrocerías; estos productos se aplican en guardabarros y pisos de las carrocerías; la industria de la construcción utiliza productos similares laminados denominados membranas asfálticas para evitar filtraciones de agua en techos.

9.8 Materiales compuestos de matriz cerámica y material de refuerzo polimérico

- Paneles para el aislamiento térmico y acústico

9.9 Materiales compuestos metálicos y cerámicos

En el ámbito de automóviles de competición se están utilizando:

- Pistones tienen una cobertura cerámica en la zona expuesta a la cámara de combustión.
- Llantas de los neumáticos se elaboran con aleaciones de magnesio que tienen en su corona una cobertura de una matriz polimérica reforzada con fibras de carbono.
- Rodamientos de competición: tienen las pistas de rodaje con materiales cerámicos.

9.10 Materiales compuestos elastoméricos reforzados con fibras

Neumáticos y en general todo tipo de bandas de rodamiento
Sistemas de transmisión de energía mecánica del tipo correas y cintas transportadoras
Mangueras
Guantes impermeables

10. Ventajas de las aplicaciones de los polímeros en la industria automotriz [8]

Las ventajas relativas que brindan los materiales poliméricos son muchas:

- Su reducido peso.

- Son fácilmente reciclables y aquellos que por su composición y aditivación no pueden ser reciclados se pueden transformar en combustibles.
- Mayor resistencia y absorción de las deformaciones producidas por los impactos.
- Mayor resistencia a la corrosión.
- En general mayor durabilidad.

10.1 Autopartes construidas con materiales plásticos reforzados [8]

Alfombras, apoya brazos de butacas, armazones de asientos, cabinas de manejo de camionetas y camiones, cañerías, carcasas de espejos: retrovisor y cortesía, carcasas del equipo de aire acondicionado, carrocerías, cascos protectores para el conductor (competencias deportivas y motos), chapas protectoras de carter, clips de fijación para tapicería de interiores, colectores de admisión, correas de transmisión, cubiertas de alternador y bomba de agua, cubierta del motor, depósito de combustible, elementos decorativos en general, faros, filtros de aire, manijas de aberturas de puertas y ventanas, materiales textiles, panel de puerta, paragolpes, pedales de comando, perillas de comando: audio, luces y otros, rejillas de altoparlantes, radiador y ventilación, soporte de batería, spoilers, tapas: comando de válvulas y depósitos de fluidos incluso de combustible, ventiladores y volante de conducción.

11. MATERIALES COMPUESTOS DE AVANZADA

Esta denominación se aplica en la industria aeroespacial a los materiales compuestos que van a ser destinados a exigencias extremas tanto de resistencia como de temperatura.
Las combinaciones entre matrices y fibras pueden abarcar desde matrices metálicas o cerámicas y material reforzante de alta resistencia como son las fibras de carbono, aramida, polietileno, cerámicas o metálicas.

En la Figura 2 se puede apreciar las ventajas que presentan estos materiales compuestos en la resistencia específica; este parámetro resulta crucial en el diseño; además el desempeño frente a la temperatura nos indica que la resistencia específica disminuye con el incremento de la misma. [1]

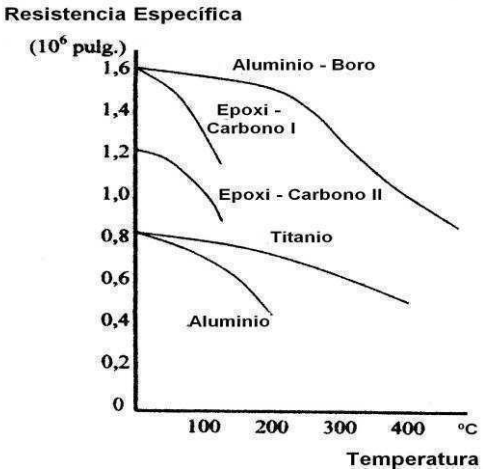


Figura 2 *gráfico comparativo de la resistencia específica y la temperatura de varios tipos de materiales compuestos de avanzada con respecto de aleaciones de titanio y aluminio.*

11. 1 Materiales compuestos de matriz y fibras cerámicas.

Entre los desarrollos más novedosos se encuentran los materiales compuestos de matriz cerámica reforzados con fibras cerámicas, estos materiales cuentan con valores de resistencia y tenacidad que superan al resto de los materiales semejantes.
Los materiales compuestos de matriz cerámica se denominan **CMC** (**C**eramic **M**atrix **C**ompound).
La importancia de la Figura 3 es poder apreciar el incremento de estas propiedades en los materiales metálicos y los poliméricos cuando tienen incorporados los materiales reforzantes.

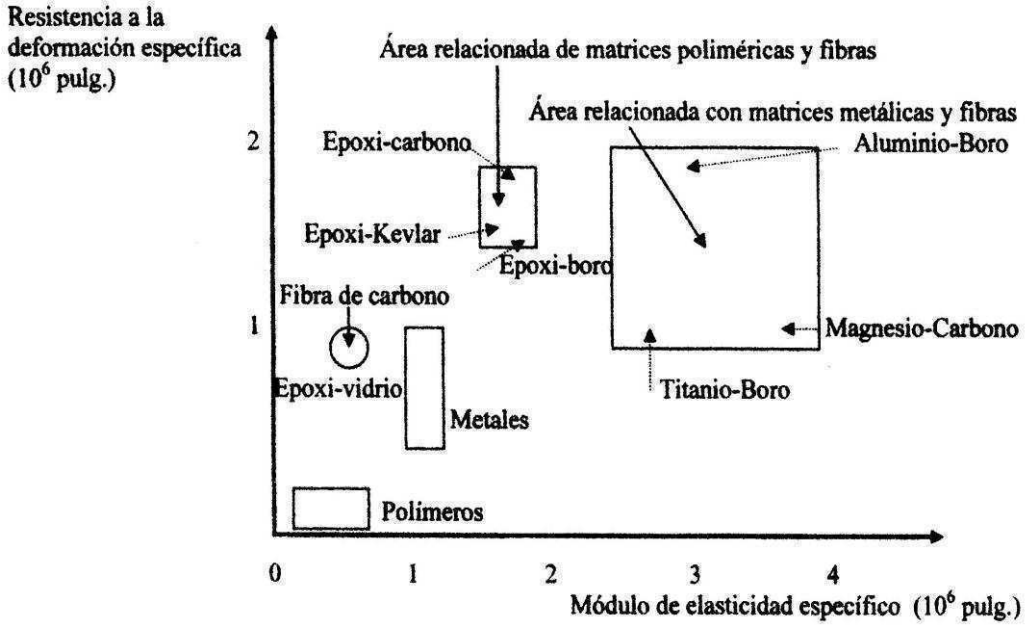


Figura 3 *gráfico comparativo de la resistencia a la deformación específica con respecto al módulo de elasticidad específico de una serie de materiales compuestos y de diversos materiales de uso frecuente en el diseño de equipos*

11.2 Materiales compuestos híbridos

Los denominados ***materiales híbridos*** surgen de la necesidad de mejorar la tenacidad de los materiales compuestos de alta rigidez con la utilización de una mezcla de materiales reforzantes. Estos materiales híbridos pueden ser reforzados con una mezcla de fibras de carbono y aramida o también mezclas de fibras de aramida y vidrio.

Algunos ejemplos relacionados a este tipo de material reforzante son:

- Chasis de vehículos deportivos de alta gama
- Embarcaciones náuticas de competición
- Garrochas para salto en alto

11.3 Materiales compuestos carbono-carbono

Están constituidos por una matriz de carbono reforzada por fibras de carbono; surgen a partir de la necesidad de la industria aeroespacial de materiales capaces de soportar los requerimientos tanto de resistencia como de temperaturas muy extremas.

Estos materiales pueden tolerar temperaturas cercanas a los 3000°C sin perder sus propiedades mecánicas, de hecho resultan más resistentes a altas que a bajas temperaturas.

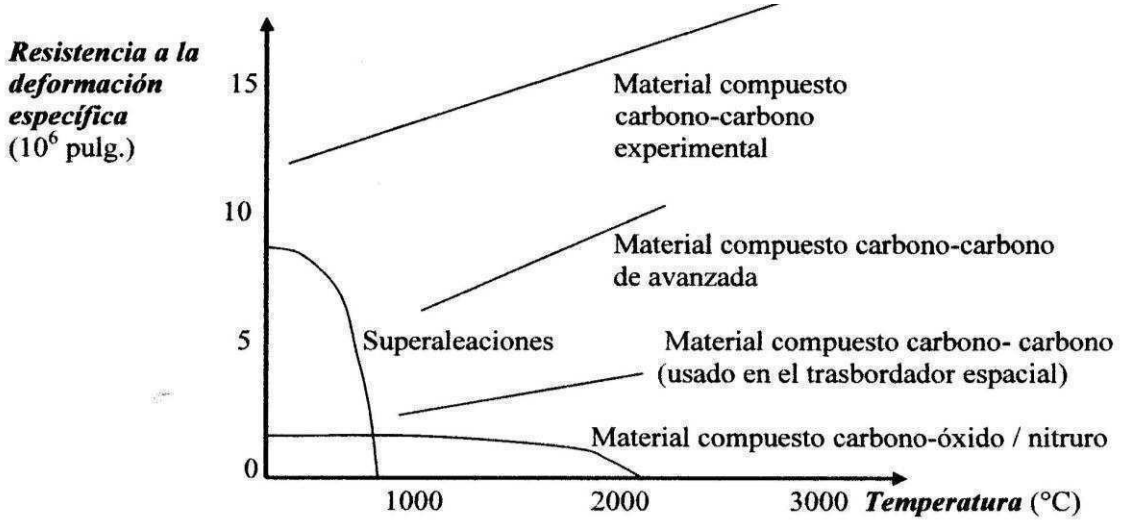


Figura 4 *Muestra el comportamiento de los materiales compuestos carbono-carbono con referencia a otros materiales considerando la variación de la temperatura con respecto a la resistencia a la deformación específica.*

12. CONCLUSIONES

La propuesta que estamos presentando lleva tan solo cuatro años de desarrollo; este trabajo corresponde a la segunda etapa pues a partir de la idea inicial hace dos años hemos efectuado algunos cambios procurando mejorar los contenidos sobre la base de una actualización tecnológica y la aplicación de TICs en la elaboración de una presentación del tipo power point que tiene incorporado representaciones fílmicas de nuevos procesos de fabricación que han tenido una excelente repercusión entre los alumnos Seguramente a medida que vayamos trabajando tanto la presentación escrita como la multimedia aparecerán otras novedades que ameritarán ser tenidas en cuenta, esta asignatura se basa en la observación de la actividad industrial y su transferencia al ámbito de la academia.
Finalmente la implementación de un sistema de consulta mediante la creación de un sitio en la web ha resultado un eficaz procedimiento para agilizar la comunicación entre la cátedra y los alumnos.
http://espanol.groups.yahoo.com/group/quimicaaplicadautnfrba/

13. INTEGRANTES DE LA CÁTEDRA

- Director de Cátedra: Ing. Mario A. Pelissero
- Ayudante de Trabajos Prácticos de 1º: Lic. Marcela Murgia
- Ayudantes de Trabajos Prácticos de 2º: Alejandro Chiaravalloti, Jorge M. Pacífico Ravera; Franco Leidi; Federico Falconaro; Federico Trebollé y Gabriel Gastelú.

14. REFERENCIAS

[1] Callister Jr, William D. Ciencia e ingeniería de los materiales. Ed. Reverte. 2ª Ed. 2002.

[2] Pelissero, Mario A. Materiales Compuestos. S2BT8. Ed. CEIT. UTN FRBA. 2007.

[3] Askeland, D. R. Ciencia e ingeniería de los materiales. Ed. International Thomson. 3ª Edición. 1998.

[4] Mohr, J. Gilbert. Handbook of Technology and Engineering of Reinforced Plastic. SPI. Ed. R. E. Krieger. 1984.

[5] Smith, William F. Ciencia e ingeniería de materiales. Ed. Mc Graw Hill. 3ª Edición. 2004.

[6] Fraga, Osvaldo J. y Fiorentino, Emma. Manual de plásticos reforzados. (PRFV y Composites). Partes I y II. Ed. Emma Florentino Publicaciones Técnicas SRL. 2ª. 2004.

[7] D´Arsie, Dulio. Los plásticos reforzados con fibra de vidrio. Ed. Distal. 1992.

[8] Titow, W. V. y Lanham, B. J. Termoplásticos reforzados. Ed. Americalee. 1978.

Agradecimientos

Se desea agradecer el apoyo de las autoridades del Departamento de Ingeniería Mecánica de la UTN.BA, en especial a su Director el Ing. Juan Carlos de Cabo y al Ing. Carlos Cerimedo quien siempre apoyó esta iniciativa. Además quiero agradecer la colaboración más allá del deber de los integrantes de la cátedra.

-- 2012 --

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

COMPETENCIAS DOCENTES PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACION Y LA COMUNICACIÓN A LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

EL CASO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA

Pascal, Oscar, Comoglio, Marta, Fernández, Mariana

Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación IIT&E
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Ruta 4 Km 2 Llavallol
e-mail: oscarmpascal@hotmail.com

e-mail: mcomoglio@gmail.com, mariana.fernandez@yahoo.com.ar

RESUMEN

El presente trabajo se inscribe en el marco del programa de Investigación, "Las TIC y su contribución al proceso de enseñanza y aprendizaje en carreras de ingeniería: evaluación de experiencias en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora", radicado en el Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E), cuyo objetivo es contribuir al mejoramiento de la educación mediante la incorporación de tecnologías de información y comunicación (TIC) al proceso de enseñanza y aprendizaje, a través de la investigación de desarrollos concretos sobre ambientes educativos virtuales y computarizados en la modalidad Blended Learning [1][2]. Nuestro interés, es contar con información estratégica, para ser aplicada a diferentes problemas en el campo de la educación, en particular de la enseñanza de la ingeniería [3].
Los resultados que se presentan corresponden a un estudio de carácter cuantitativo que indaga las capacidades y creencias de los docentes para la integración de TIC a la enseñanza a partir de la siguiente hipótesis "Los docentes universitarios cuentan con habilidades técnicas y disponibilidad de tecnología suficiente para participar en procesos de integración de TIC a la enseñanza en la modalidad Blended Learning". Las variables con las que se trabajó y que surgen del marco teórico son: Perfil Docente, Disponibilidad personal de recursos informáticos, Conocimiento y uso de TIC, Experiencias de incorporación de TIC en la enseñanza. En este caso, los indicadores utilizados fueron: Incorporación de TIC a experiencias educativas, Implementación del aula virtual, Dificultades y motivos que influyen para la incorporación, Uso académico y administrativo de la herramienta tecnológica y evaluación de la experiencia en forma global.
El diseño es de alcance descriptivo y el instrumento de recolección de datos fue la encuesta. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico univariado y bivariado.

Palabras Claves: competencias docentes, TIC , Blended Learning

1.INTRODUCCIÓN

La actual Sociedad de la Información, caracterizada por el uso generalizado de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en todas las actividades humanas y por una fuerte tendencia a la globalización económica y cultural, exige de todos los ciudadanos nuevas competencias personales, sociales y profesionales, para poder afrontar los continuos cambios que imponen en todos los ámbitos los rápidos avances de la tecnología.[8] La educación no ha quedado al margen de estos cambios y ha tenido que adaptarse al vertiginoso ritmo de avance de aquellos. Esto implica, desde nuestra perspectiva de estudio, que la universidad debe estar atenta a lo que sucede y, por sobre todo, debe ser capaz de mejorar cualitativamente el proceso de enseñanza y aprendizaje al interior de las aulas; de manera que sea actualizada y pertinente a las demandas concretas provenientes del mundo profesional. Bajo este escenario, por lo general, se opta en invertir mucho en tecnología y se sugiere a los docentes que las TIC deben ser parte integral de sus actividades de aula. Sin embargo, se observa que "los patrones de uso de las TIC en Educación Superior, por parte de los docentes, derivan del modelo de capacitación en las empresas o del autoaprendizaje, más que al uso diferenciado para producir mejoramientos significativos en la calidad de las enseñanzas que imparten y de los aprendizajes que alcanzan sus alumnos"[7],[9],[10]. Como se señaló, muchos docentes están capacitados sobre el manejo de "hardware" y "software", pero muy pocos son capacitados en estrategias para integrar adecuadamente las TIC en sus asignaturas. Constituye, por otro lado, un desafío para el plantel docente determinar el modo de uso de las TIC, en la búsqueda permanente de innovaciones aplicables al proceso de aprendizaje, de modo de sostener e incrementar los objetivos curriculares y generar una mejor comprensión, a partir de la propia construcción de aprendizajes. En Argentina, a partir de los procesos de acreditación de las carreras de ingeniería que se vienen llevando adelante desde el año 2003, desde distintos ámbitos educativos, entre ellos desde la Comisión Nacional de Acreditación y Evaluación Universitaria (CONEAU), se han realizado señalamientos en el sentido de que las instituciones comprometan en sus planes de mejora acciones conducentes a optimizar la enseñanza que se imparte. Esta situación cobra mayor importancia, ante la circunstancia de que a partir del año 2010 las carreras de ingenierías son incorporadas a los procesos de acreditación de carreras para el MERCOSUR. Como todo proceso de integración, en este caso se enfrenta a las instituciones al desafío por un lado de hacer converger los planes de estudios de las carreras involucradas, y por el otro implementar acciones para mejorar la calificación de sus egresados. A partir de los primeros resultados de la acreditación de las carreras de ingeniería, la Secretaría de Políticas Universitarias ha implementado los denominados Programas de Mejoramiento de las Ingenierías (PROMEI I y II), a fin de contribuir al fortalecimiento de las carreras. En el marco de estos programas, una de las estrategias que la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FIUNLZ) viene desarrollando, ha sido la integración de las TIC como complemento a la enseñanza presencial, a partir de la convicción de que el uso adecuado de estas herramientas impacta positivamente en la calidad de la enseñanza que se imparte, al poner a disposición del alumno herramientas alternativas para el seguimiento de la cursada regular. Si bien las actividades se iniciaron en el año 2005, el interés que despertó la iniciativa entre los docentes, ha llevado a las autoridades de la Facultad a incluir dentro de los componentes del PROMEI II un proyecto para la integración de las TIC a la enseñanza presencial. El programa comprende acciones de capacitación de los docentes, por lo que se encuentra vigente un convenio con el Instituto Universitario Aeronáutico (IUA), para el dictado de cursos de metodología para la enseñanza mediada tecnológicamente y desarrollo de objetos didácticos, y se inician los trámites para la adquisición de una Plataforma ya consolidada que reemplace la experimental con la que se venía trabajando desde el año 2005. Es así, que actualmente la Unidad Académica cuenta con aulas en la Plataforma E-educativa que está operativa en la siguiente dirección www.itc-unlz.com.ar. Coincidentemente con el despliegue de esta estrategia, se ve la necesidad de generar un espacio de investigación de las propias prácticas de enseñanza y aprendizaje, por lo que casi simultáneamente se crea el Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E), que tiene como misión generar conocimiento que retroalimente, a través de los resultados de las investigaciones que se realicen sobre experiencias educativas realizadas a través de la plataforma, información estratégica para la toma de decisiones en la propia Unidad Académica y en la gestión de

la innovación tecnológica en el ámbito educativo universitario en general. Lo expuesto en los párrafos precedentes constituye, a grandes rasgos, parte del proyecto institucional de la FI UNLZ y son estas las razones que justifican el presente trabajo, en el que se exploran algunos aspectos inherentes a las capacidades docentes en el uso de TIC y a su permeabilidad para integrarlas a los procesos de enseñanza en la modalidad denominada Blended Learning.

2. DESARROLLO

Las TIC vienen imprimiendo a la sociedad nuevas formas de vivir, de trabajar, de producir, de comunicarse de enseñar y de aprender. Las innovaciones en el ámbito de la información y la comunicación conformaron los principales cambios culturales del siglo XX, estableciendo nuevas formas de vida de cara al siglo XXI, no cabe duda que su influencia será aún más determinante. Ante este panorama, la educación afronta la imperiosa necesidad de replantear sus objetivos, sus metas, sus pedagogías y sus didácticas[4], [5]. Se puede observar que la emergencia de nuevos entornos tecnológicos conduce a cambios en la organización y en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Nos preguntamos entonces ¿Cuáles son los nuevos retos que enfrenta la profesión docente? ¿Qué competencias demandan en el profesor, los procesos de incorporación de TIC a la enseñanza y aprendizaje? ¿Cuáles son entonces los principales aspectos de esta nueva dinámica? ¿Cuál es la relación que se establece entre alumno - profesor y con el proceso mismo del aprendizaje?¿Cuáles son las creencias y resistencias del profesorado universitario frente a un proceso de innovación tecnológica? Estas son solo algunas de las preguntas que guiaron nuestro trabajo, cuyas hipótesis fueron enunciadas como: a) “Los docentes universitarios cuentan con habilidades técnicas y disponibilidad de tecnología suficiente para participar en procesos de integración de TIC a la enseñanza”; b) “Los procesos de innovación que integren TIC a la enseñanza universitaria, deben ir acompañados de la capacitación del profesorado”. Las variables con las que se trabajó y que surgen de nuestro marco teórico fueron: Perfil docente, Disponibilidad personal de recursos informáticos, Conocimiento y uso de TIC, Experiencias de incorporación de TIC en la enseñanza, Evaluación de la experiencia. La Tabla 1 permite observar cómo fueron operacionalizadas las variables seleccionadas, para realizar el relevamiento de datos:

Variables	Indicadores
Perfil Docente	*Edad* *Titulación* *Antigüedad y Categoría Docente* *Área de la asignatura en la que se desempeña*
Disponibilidad de recursos informáticos	*Existencia de computadora a nivel personal* *Existencia y tipo de Conectividad* *Lugar y oportunidad de acceso* *Programas utilizados*
Conocimientos y uso de TIC	*Autoevaluación del nivel de conocimiento* *Programas utilizados* *Nivel de formación* *Finalidad del uso* *Frecuencia* *Formas de acceso al conocimiento* *Dificultades frente al uso* *Capacitaciones realizadas*
Experiencias de incorporación de TIC en la enseñanza	*Incorporación de TIC a experiencias educativas.* *Implementación del aula virtual* *Dificultades para la incorporación* *Motivos que influyen positiva o negativamente en la incorporación* *Recursos utilizados* *Nivel y frecuencia de Uso administrativo y académico*

	Evaluación de la experiencia (Nivel de Anclaje)
Evaluación de la Experiencia (Nivel Subunitario)	*Factores de éxito en la implantación de proyectos* *Nivel de importancia de los factores* *Expectativas formativas* *Sugerencias*

Tabla 1: Operacionalización de las variables correspondientes a la Encuesta a Docentes.

Los resultados que se presentan surgen de los datos recogidos a través de una encuesta que se administró al personal docente. El objetivo perseguido fue caracterizar el perfil de los docentes, medir su nivel de conocimientos informáticos, indagar la disponibilidad personal de tecnología informática, realizar una evaluación de las experiencias – en caso de contar su cátedra con aula virtual en la Plataforma Educativa de la FI UNLZ – e identificar aspectos críticos a tener en cuenta, en la implementación de proyectos educativos de carácter innovador. La encuesta se administró a cuarenta y dos (42) docentes de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

2.1 Perfil docente

Respecto a la clasificación etaria, el 88% del plantel docente encuestado tiene más de 41 años, distribuidos de la siguiente manera: 33% entre 41 a 50 años y el 55% cuenta con más de 50 años. Sólo el 2% de los docentes encuestados es menor de 30 años. Al analizar la formación académica de los docentes, observamos que el 60% cuenta con título de ingeniero, mientras el resto reparte su formación de grado en carreras del área de Ciencias Exactas (14%), Ciencias Sociales (12%) y Ciencias Económicas (10%). Con respecto a la formación de posgrado encontramos que cerca del 80% tiene o está por alcanzar alguna titulación de posgrado (17% Doctorados; 29% Maestría y 33% Especialistas). Con respecto a la antigüedad de los docentes, encontramos que el 48% tienen más de 20 años de docencia universitaria, el 38% entre 10 y 20 años y solamente el 15% tiene una antigüedad menor a 10 años. En virtud de los objetivos de nuestro estudio, se consideró necesario que la encuesta estuviera dirigida fundamentalmente a los responsables de las cátedras. Al clasificar las cátedras de pertenencia, según la tipología establecida por CONEAU, encontramos que el 41% corresponde al Área de las Tecnologías (Aplicadas el 31% y Básicas el 10%) , el 31% al Área de las Ciencias Básicas y el 21% al de Formación Complementaria. Respecto de la variable que se analiza, podemos señalar que se trabajó con un cuerpo docente que podría caracterizarse como maduro por el rango de edad; mayoritariamente con formación de grado en el campo disciplinar de la ingeniería, con un alto indice de formación de posgrado, que imparten enseñanza en las distintas áreas disciplinares de las carreras de ingeniería, con predominancia de las Ciencias Aplicadas.

2.2.- Disponibilidad Personal de Recursos Informáticos

El 100 % de los docentes encuestados tienen computadora personal y cuenta con conexión a Internet; el 48% con un ancho de banda superior a 3 Mbps. El lugar de acceso habitual es la casa y el ámbito laboral.

2.3.- Conocimiento y Uso de TIC

Al analizar el tipo y frecuencia del software utilizado, se observa que un alto porcentaje (95 - 98%) utilizan diariamente los programas tradicionales como Procesadores de Texto, Navegadores y Correo Electrónico. Con la misma frecuencia, el 57% utiliza Planilla de Cálculo; el 43% hace uso de Plataformas Educativas y el 38% Redes Sociales.

En cambio, con una frecuencia semanal, entre el 40-45% utiliza Programas de Presentaciones y Multimedia. Se advierte que de los docentes encuestados, hay un número importante que nunca han utilizado los siguientes programas: Representación Gráfica (57%), Bases de Datos (52%), Cálculo Numérico (67%), Diseño Gráfico (62%), Chat (52%) y Juegos (64%). Asimismo se observa que si bien el 38% accede diariamente a las redes sociales, existe un 36% que no ha accedido nunca a las mismas. Además de las opciones planteadas en la encuesta, un 19% de los docentes encuestados utiliza diariamente otros softwares, tales como: Skype (para comunicación online vía internet); Elmer (programa para la solución de problemas de elementos finitos que facilita el modelamiento de sistemas mecánicos, de estructuras, electromagnéticos, de transferencia de calor y de acústica); ERP (sistemas de planificación de recursos empresariales); SAP (sistema que comprende módulos integrados que abarcan prácticamente todos los aspectos de la administración empresarial) y LOGWARE (para resolver problemas de gestión de las cadenas logísticas de suministros). Al ser consultados sobre los principales objetivos en el uso que le daban a las TIC, el 98% respondió que las utilizaban para la actividad docente y el 76% manifestó su aplicación de las TIC para desarrollar el ejercicio de su profesión. Asimismo, el 69% señaló que las aplicaban para la comunicación con otras personas y el 62% para actividades de formación personal. Se observa que entre los docentes encuestados solo el 5% utiliza las TIC para actividades lúdicas. (Ver Gráfico 1)

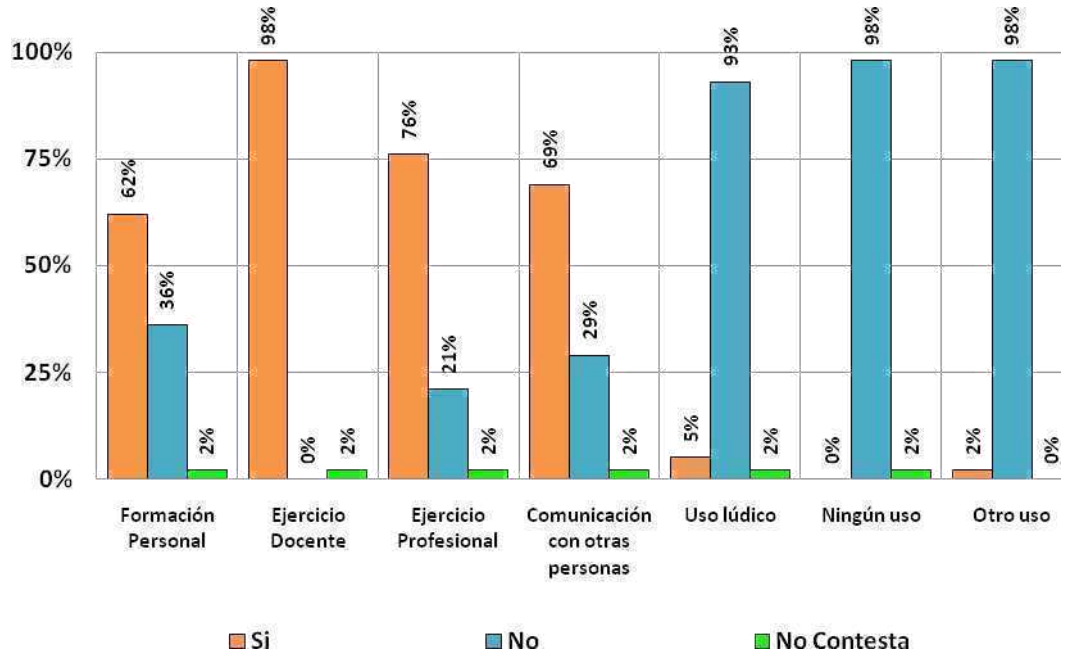


Gráfico 1: Principales Objetivos de Uso de las TIC entre los Docentes Encuestados.

Al solicitarse que valoraran sus propios conocimientos para la utilización de TIC, los docentes encuestados consideran que se encuentran formados para darles un uso adecuado, ya que el 12% valoró como excelentes sus conocimientos, el 48% respondió que su nivel de formación era muy bueno y el 31% como bueno. Sólo el 7% consideró que su formación era insuficiente. Teniendo en cuenta la diversidad de áreas que abarcan las asignaturas que conforman el plan de estudio de la carrera de Ingeniería, se consultó a los docentes acerca del conocimiento y nivel de formación respecto de software específico para su asignatura. Sin identificar el tipo de software, puede afirmarse que el 36% de los docentes encuestados valora sus conocimientos en software de uso específico para su materia como adecuado; el 31% como superior; mientras que sólo el 16% consideró que sus conocimientos eran introductorios. Se analizó también los requerimientos de

formación y su vinculación con el nivel de formación valorado. Los resultados se presentan en la Tabla 2:

¿Requiere formación?	Nivel de Formación			
	Introductorio	Adecuado	Superior	No Contesta
SI	17%	14%	7%	2%
NO	0%	14%	24%	0%
No Contesta	0%	7%	0%	14%

Tabla 2: Relación entre variables Nivel de Formación en TIC y Necesidad de Formación.

Por último y con respecto a la variable que se analiza, "Conocimiento y Uso de TIC", se consultó a los docentes la manera en que habían adquirido los conocimientos. Al respecto, se observa que el 79% de ellos tienen una formación autodidacta y el 43% manifiesta haber realizado cursos de formación específico en informática. Sólo el 21% ha recibido formación durante sus estudios de grado y el 29% ha participado en capacitaciones impartidas en la Unidad Académica.

2.4.- Experiencias de Incorporación de TIC en la Enseñanza

Para medir esta variable la encuesta consultó, en primer lugar, si en la asignatura que impartían utilizaban las TIC, a lo que el 95% de los docentes encuestados respondió afirmativamente. Al ser consultados por la frecuencia del uso de las TIC en la actividad docente, se observa que el 64% lo hace en forma semanal; el 17% utiliza las TIC en forma quincenal y otro 17% las utiliza mensualmente. Teniendo en cuenta los objetivos de nuestro estudio, se consultó a los docentes que respondieron afirmativamente, respecto de la utilización de recursos informáticos para la docencia, si la asignatura que impartían, contaba con aula virtual en la Plataforma Institucional. El 67% respondió afirmativamente, en tanto que el 4% manifestó contar con recursos tecnológicos alternativos tales como otras Plataformas o Grupos Yahoo. El 26% no dispone de ámbitos virtuales para la enseñanza. Teniendo en cuenta que la Plataforma Institucional ofrece herramientas de uso administrativo y académico, se consultó a los docentes que contaban con Aula Virtual, acerca del tipo de uso y frecuencia que le daban a la misma. (Ver Tabla 3)

	NIVEL DE UTILIZACIÓN			
USO ADMINISTRATIVO	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**No Contesta**
Publicación de Documentos	7%	24%	48%	21%
Publicación de Eventos	24%	29%	24%	24%
Publicación de Avisos	14%	21%	43%	21%
Publicación de Calificaciones	31%	14%	33%	21%
Recepción de Trabajos Prácticos	33%	17%	26%	24%
USO ACADÉMICO	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**No Contesta**
Publicación de Documentos	26%	14%	38%	21%
Uso para realizar Pruebas, Encuestas, Ejercicios	48%	19%	5%	29%
Uso de Foros	43%	12%	19%	26%
Uso de Salas de Chat	67%	5%	0%	29%
Uso de Wikis	64%	5%	2%	29%

Tabla 3: Nivel de uso de las Aulas Virtuales alojadas en la Plataforma Institucional.

Se puede señalar que la mayor intensidad de uso administrativo que los docentes dan al Aula Virtual, es para publicación de documentos (48%) y de avisos (43%), aunque también la difusión de calificaciones tiene un nivel de uso alto (33%). En relación al uso académico, que los docentes dan a las herramientas, observamos que a excepción de la publicación de documentos (38%), el nivel de utilización es bajo (ejercicios, encuestas, foros, Chat y wikis etc.). Otro aspecto que interesó conocer respecto de la variable analizada, "Experiencias de incorporación de TIC a la enseñanza", fue la frecuencia de uso de las herramientas alojadas en la Plataforma y disponibles en el Aula Virtual. Se observa que con excepción de la publicación de avisos de carácter administrativo (45%) que es de carácter semanal, el resto de las posibilidades se ubica entre el 20 y 30%. Al analizar la frecuencia de uso académico, también aparece la publicación de documentos como la utilizada con mayor frecuencia (29%) en forma semanal. Resulta interesante observar que los foros también son utilizados con frecuencia semanal en el 21% de los casos. Por último, para el análisis de la variable se propone a los docentes caracterizar la experiencia con una serie de afirmaciones medidas a través de una escala Lickert. Las afirmaciones que han recibido un porcentaje de respuesta "totalmente de acuerdo" mayor al 50% han sido: "La Facultad ha realizado una adecuada convocatoria a los docentes para participar en la plataforma"; "El Aula Virtual ha impactado positivamente en el proceso de enseñanza – aprendizaje"; "El Aula Virtual ha mejorado la comunicación entre docentes y alumnos" y "El Aula Virtual ofrece mayor flexibilidad a la hora de actualizar contenidos e información". Una cuestión que también resulta significativa es la ponderación, como escasamente de acuerdo, respecto de la afirmación "El Aula Virtual es una carga excesiva" (43%). Con la intención de identificar las causas por las que los docentes no contaban al momento de administrar la encuesta con Aula virtual en la Plataforma, el 50% respondió que consideraban que no contaban con conocimientos informáticos para operar en la Plataforma ni tampoco sobre el uso de herramientas de aplicación en la docencia virtual. Además, un 83 % manifestó no conocer la existencia de la Plataforma Institucional, haberse enterado recientemente o falta de tiempo para asesorarse acerca del uso. Sólo el 17 % atribuyó las razones a que la materia no era apta para contar con un soporte mediado por TIC o que el equipo de cátedra no era suficiente. Ninguno de los docentes que aún no tenían abierta su aula virtual respondió que consideraba que la función docente se limitaba al desempeño académico en el aula o laboratorio. Se consultó a los docentes que no contaban con aula Virtual - pero que sin embargo hacían algún uso de las TIC en la docencia - , que recursos utilizaban. Un 71 % de los docentes que no han implementado el Aula Virtual utilizan presentaciones en sus clases y se comunican con los alumnos a través del correo electrónico. El 94% no utiliza Blogs, en tanto que el 71% tampoco indica a los alumnos hacer búsquedas a través de la Web. Con respecto a las dificultades que encontraban al incorporar la herramienta informática a la docencia,las respuestas obtenidas muestran que el 78% considera que no cuenta con formación pedagógica para hacer un uso provechoso de las TIC. Un resultado que aparece como interesante, teniendo en cuenta los objetivos de nuestro estudio, es que el 100% opina que la integración de las TIC a la enseñanza resulta un aporte positivo al proceso de enseñanza y aprendizaje, y el 67 % no considera que su integración derive en un excesivo incremento del tiempo que le dedicaba a la materia.

2.5.- Evaluación de la Experiencia

En este apartado se intenta identificar y ponderar aquellos factores a los que los docentes valoran como importantes para alcanzar éxito en la implementación de proyectos educativos innovadores. Al solicitarles que valoren de qué manera las características asociadas a las TIC favorecen los procesos de enseñanza y aprendizaje, han considerado en la máxima ponderación a la interactividad (52%), flexibilidad para actualizar información (60%) y flexibilización de los horarios y minimización de los desplazamientos (60%). En menor escala consideran que el aprendizaje cooperativo (52%), el aprendizaje autónomo (50%) y la individualización de la enseñanza (50%) -actividades asociadas estas a la integración de las TIC a la enseñanza- pueden favorecer bastante el proceso. De los factores consultados, resulta interesante observar que no existe una tendencia en las respuesta de los docentes al ponderar la variable motivación, ya que el 36% ha respondido que influye poco, el 31% bastante y el 26% mucho; el 5% no considera que la motivación que puede despertar el uso de TIC en la enseñanza pueda favorecer los resultados del proceso. Un aspecto significativo, de acuerdo a los objetivos planteados en nuestro estudio, era conocer la valoración que los docentes

encuestados hacían de factores tales como: las características del equipamiento, la infraestructura institucional, el servicio de soporte, sus propias capacidades y la aceptación del alumnado entre otras; y el nivel de importancia que asignaban a los mismos, para una implementación exitosa de un modelo de enseñanza blended learning en la institución. Las cuatro variables que fueron consideradas por los encuestados como críticas, al momento de implementar el modelo, fueron "Aceptación de los Alumnos" (64%), "Capacitación para Elaborar Materiales Específicos" (57%), "Capacitación de los Docentes como Tutores" y "Características del Equipamiento Tecnológico", ambas con 55%. La orientación de las respuestas obtenidas, evidencia la importancia que se le asigna a las acciones formativas y su relación con el éxito del proyecto innovador. En este sentido, los datos obtenidos de la encuesta evidencian expectativas formativas vinculadas a la WEB 2, es decir, Uso de Medios Audiovisuales (62%) y Herramientas de Difusión de Internet (33%). Asimismo, se observa que mayoritariamente no encuentran dificultades respecto al Uso de Herramientas Ofimáticas y al Uso de Internet, toda vez que estas temáticas no fueron seleccionadas por los docentes como opciones para recibir capacitación en el futuro.

2.6- Análisis Bivariado

Con la intención de evaluar si existía entre las variables analizadas algún grado de correlación, se decide profundizar el análisis. El tipo de prueba seleccionada en esta instancia es la Chi Cuadrado[6], y nuestro propósito fue verificar si existía relación entre ciertas variables, es decir, buscábamos comprobar si determinadas variables consideradas en nuestro estudio eran independientes o por el contrario estaban asociadas. Se analizaron los datos correspondientes a cuatro de las variables comprendidas en el cuestionario – Perfil Docente, Conocimiento y Uso de TIC, Experiencia de Incorporación de TIC en la Enseñanza y Evaluación de la Experiencia, sólo se dejó sin correlacionar la variable Disponibilidad Personal de Recursos Informáticos. En la selección de las variables para someterlas al presente análisis, se consideró como una hipótesis de trabajo la posible relación entre la variable "Conocimiento y Uso de TIC", a partir del indicador "Autoevaluación del nivel de conocimiento", y la variable "Experiencias de incorporación de TIC en la enseñanza" representada por los indicadores "Incorporación de TIC a experiencias educativas" e "Implementación de Aula Virtual". Es decir, se pensó que debía existir una asociación entre la valoración que los docentes tenían de su formación y la utilización que hacían de las TIC en su práctica docente o en la decisión de Implementar el Aula Virtual de su materia en la Plataforma Institucional.

2.6.1.- Análisis de la relación entre "Autoevaluación del Nivel de Conocimiento" e "Incorporación de TIC a Experiencias Educativas"

Este primer análisis, con un Grado de Libertad (GDL) de 4 y para el que se ha definido un nivel de significancia 5 % (alfa = 0,05). En este caso, la prueba nos arroja como resultado que no existe correlación entre las filas y las columnas de la tabla de contingencia. Como el p- valor computado (0,951) es mayor que el nivel de significación alfa = 0,05; se acepta la hipótesis nula, ya que el riesgo de rechazar la H0 cuando es verdadera es de 95,15%.

2.6.2.- Análisis de la relación entre "Autoevaluación del Nivel de Conocimiento" e "Implementación del Aula Virtual en la Plataforma"

En este caso, con un Grado de Libertad (GDL) de 16 y para el que se ha definido un nivel de significancia 5 % (alfa = 0,05). En este caso, la prueba nos arroja como resultado que no existe correlación entre las filas y las columnas de la tabla de contingencia. Como el p-valor computado (0,345) es mayor que el nivel de significancia alfa = 0,05; se acepta la hipótesis nula, ya que el riesgo de rechazar la H0 cuando es verdadera es de 34, 55%. Contrariamente a una de las hipótesis de trabajo, no existe para el caso que se analiza, asociación entre las variables "Conocimiento y Uso de TIC" con el haber tenido experiencias de incorporación de TIC a la enseñanza, medida a través de los indicadores "Incorporación de TIC a experiencias educativas" e "Implementación de Aula Virtual en la Plataforma".

2.6.3.- Análisis de la relación entre "Incorporación de TIC a Experiencias Educativas" e "Implementación del Aula Virtual en la Plataforma"

Al efectuar el análisis tendiente a verificar la existencia de relación entre las variables y, con un grado de libertad (GDL) 4 y para el que se ha definido un nivel de significancia 5 % (alfa = 0,05), se obtienen los resultados que se visualizan en la de la Tabla 4.

Incorporación de TIC a Experiencias Educativas	Implementación del Aula Virtual en la Plataforma					
	Si	No	No (Grupos Yahoo)	No (uso otra aula)	No Contesta	Total
Si	28	10	1	1	0	40
No	0	1	0	0	1	2
Total	28	11	1	1	1	42
Chi-cuadrado ajustado (Valor observado)						21,955
Chi-cuadrado ajustado (Valor crítico)						9,488
p-valor						0,000

Tabla 4 : Tabla de Contingencia de las variables "Incorporación de TIC a experiencias educativas"e "Implementación del Aula Virtual en la Plataforma".

En este caso la prueba nos arroja como resultado que existe correlación entre las filas y las columnas de la tabla de contingencia. Como el p-valor computado (0,0000) es menor que el nivel de significación alfa = 0,05; se rechaza la Hipótesis Nula (H0) y se acepta la Hipótesis Alternativa Ha, ya que el riesgo de rechazar la H0, cuando es verdadera, es menor que 0,02%. Estos resultados nos permiten afirmar que, para el caso analizado, los docentes que hacen uso de las TIC en su práctica docente han implementado el Aula Virtual en la Plataforma Institucional.

2.6.4.- Análisis de la relación entre "Perfil docente" - "Incorporación de TIC a Experiencias Educativas" e "Implementación del Aula Virtual en la Plataforma"

Otra de las hipótesis de trabajo, fue que podría llegar a existir algún tipo de asociación entre el perfil de los docentes con el uso que hacían de la tecnología y su aplicación a la docencia. En este caso, para caracterizar el perfil del docente se consideraron los siguientes indicadores: edad, categoría docente y titulación. De acuerdo a los datos obtenidos para este estudio, se acepta la hipótesis nula (H0) ya que en todos los casos el p-valor resulta mayor que el nivel de significación alfa = 0,05 y se concluye que no existe asociación alguna entre las variables analizadas por lo que resultarían independientes. En este caso y contrariamente a nuestro planteo hipotético, observamos que el perfil del docente no se encuentra asociado al uso que hacen de las TIC en la enseñanza. Esta circunstancia – fundamentalmente la emergente de la falta de asociación con la variable edad, resulta de interés para la búsqueda del modelo que se pretende identificar, sobre todo teniendo en cuenta los resultados alcanzados en el apartado descriptivo, al caracterizar el grupo al que pertenece mayoritariamente el colectivo docente de la FI UNLZ.

2.6.5- Análisis de la relación entre "Factores de éxito en la implantación del proyecto" e "Implementación del Aula Virtual en la Plataforma"

Se seleccionaron indicadores que permitieran medir la variable "Factores de éxito en la implantación del proyecto", es decir: convocatoria efectuada a los docentes, la existencia de recursos tecnológicos necesarios en la Facultad, la capacidad de respuesta del soporte informático a las inquietudes o dudas de los docentes y las actividades formativas que se desarrollaron antes y durante la convocatoria a los docentes y puesta a disposición de la Plataforma Educativa. En estos casos se buscó la existencia de relación entre la Implementación del Aula Virtual en la Plataforma y las

variables del nivel empírico citadas. Los resultados de la prueba chi cuadrado se pueden observar en la Tabla 5. De acuerdo a los datos obtenidos para este estudio, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la Hipótesis alternativa (Ha) ya que en todos los casos el p-valor resulta menor que el nivel de significación alfa = 0,05 y se concluye que existe asociación entre las variables analizadas.

Variables	Subvariables	Indicadores	Relación	GDL	p-valor
Implementación de Aula Virtual en la Plataforma	Factores de éxito en la implantación del proyecto	Adecuada convocatoria a los docentes	Dependencia	12	0.0001
		Contar con los recursos tecnológicos necesarios en la Facultad	Dependencia	12	0,001
		Respuesta del Soporte Informático	Dependencia	12	0,003
		Implementación de capacitaciones	Dependencia	12	0,000
Alfa= 0,05					

Tabla 5: Relación entre Implementación del Aula Virtual en la Plataforma y Factores de Exito en la Implementación del Proyecto.

A partir de los resultados hallados, se puede concluir en forma provisoria que los docentes que implementaron el aula virtual percibieron que la Facultad había realizado una adecuada convocatoria y que la capacitación ofrecida e impartida era suficiente.

2.6.6.- Análisis de la relación entre "Nivel de Importancia de los Factores" e "Implementación del Aula Virtual en la Plataforma"

Al someter los indicadores de la variable "Nivel de Importancia de los Factores" con la variable "Implementación del Aula Virtual" se observan algunas asociaciones. (Ver Tabla 6Tabla)

Variable	Indicadores Variable Nivel de Importancia de los Factores (Creencias docentes sobre los impactos derivados de la integración de TIC a la enseñanza)	Relación	p-valor
Implementación del Aula Virtual	Impacto Positivo de las TIC en el proceso de enseñanza –aprendizaje	Dependiente	<0,0001
	Mejora en la comunicación docentes-alumnos	Dependiente	<0,0001
	Mayor flexibilidad para actualizar contenidos	Dependiente	0,000

	Condiciona a los docentes a una formación permanente	Dependiente	<0,0001
	Carga excesiva	Dependiente	<0,0001
	Calidad de los proyectos	Dependiente	<0,0001
	Beneficios de un soporte mediado por TIC	Dependiente	0,000
	Uso adecuado de los recursos	Dependiente	<0,0001
	Cumplimiento de los requerimientos y trabajos	Dependiente	<0,0001
	Incremento de las expectativas y la motivación	Dependiente	0,001
	Incremento de la actividad y creatividad ante el desarrollo de sus problemas	Dependiente	<0,0001
	Participación como nuevo concepto que forma parte de la evaluación	Dependiente	0,000
	Aptitud de la materia para contar con soporte mediado por TIC	Independiente	0,334
	Creencia sobre importancia del aporte de TIC al proceso de enseñanza y aprendizaje	Independiente	0,334
	Alcances de la Función docente	Independiente	0,059

Tabla 6: Resultados prueba chi cuadrado para las Variables Implementación del Aula Virtual en la Paltaforma con Creencias Docentes sobre los Impactos Derivados de la Integración de TIC a la Enseñanza.

Se observa que, de las respuestas obtenidas a partir de las pruebas realizadas, existen correlaciones que permitirían dar una explicación tentativa a la vinculación entre la Implementación del Aula Virtual en la Plataforma por parte de los docentes y las acciones desarrolladas por la Facultad como parte de su política de integración de TIC a la enseñanza.

3. CONCLUSIONES.

No se encontró relación entre la valoración que los docentes tenían de su formación en TIC y la utilización que hacían de ellas en su práctica educativa; pero sí se encontraron relacionadas las variables Incorporación de TIC a las experiencias educativas con Implementación del Aula Virtual. En otro sentido, los resultados muestran que no existe relación alguna entre el perfil de los docentes (medido a través de los indicadores edad, categoría docente y titulación) con el uso que hacían de la tecnología y su aplicación a la docencia. Consideramos que estos resultados contribuyen significativamente a caracterizar nuestro modelo, ya que las condiciones necesarias y suficientes que garanticen el éxito de una propuesta de integración de TIC a la enseñanza, desde la perspectiva de la adopción por parte del docente, deberían tener en cuenta que el perfil de la planta docente no constituye un obstáculo al proyecto. Por otra parte, también puede afirmarse que el cuerpo docente considera que el éxito del modelo se vincula con la convocatoria institucional, las actividades formativas que se ofrezcan a los profesores antes y durante la convocatoria y la respuesta del soporte informático a los requerimientos y dudas de los docentes, dado que se les asignó a estos ítems una relativa importancia. Al analizar las creencias de los docentes, respecto de los impactos derivados de la integración de TIC a la enseñanza, se observa que existe asociación entre la implementación del aula virtual y estar de acuerdo en que la modalidad impacta positivamente en la enseñanza, que el aula virtual contribuye a mejorar la comunicación entre docentes y alumnos, y con la flexibilidad que ofrece el aula para actualizar contenidos. Otras relaciones que se han podido establecer, es que quienes implementaron el aula virtual consideraron que ello no significó una carga excesiva, pero que en alguna medida los condicionaba a una formación permanente. En síntesis, podemos concluir que

existe relación entre la Implementación del Aula Virtual en la Plataforma por parte de los docentes y las acciones desarrolladas por la Facultad como parte de su política de integración de TIC a la enseñanza. Asimismo, se observa que aquella implementación se asocia a las creencias de los docentes sobre los beneficios que habitualmente -y de acuerdo a las posiciones teóricas mayoritarias- se derivan de la integración. También advertimos que quienes implementaron el proyecto no están totalmente conformes con la intensidad de su uso por parte de los alumnos y consideran que ellos podrían desarrollar mayor nivel de motivación, creatividad y calidad en sus trabajos. Por último, estos docentes coinciden en que la participación en el ámbito virtual no se ha incorporado como una dimensión evaluable en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

4. REFERENCIAS.

[1] Bates, T. (2001) *Como gestionar el cambio tecnológico estratégico para los responsables de los centros educativos universitarios*. Avance editorial. Recuperado de http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/bates1101/bates1101.html

[2] Brünner, J. (2000). G*lobalización y el futuro de la educación: tendencias, desafíos, estrategias.* Seminario sobre Prospectiva de la Educación en la Región de América Latina y el Caribe UNESCO, Santiago de Chile, Chile.

[3] Cabero, J. (1998). Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. En Lorenzo, M. y otros (coord.) *Enfoques en la organización y dirección de instituciones educativas formales y no formales* (pp.197-206). Grupo Editorial Universitario: Granada. Recuperado de http://www.paideia.edu.py/Documentos/ImpactoNTICS_Educacion.pdf.

[4] Cardona, G. (2001).Educación virtual y necesidades humanas. *Revista Digital de Ecuación y Nuevas Tecnologías. Contexto Educativo,* III (16). Recuperado de http://contexto-educativo.com.ar/2001/2/nota-03.htm.

[5] Cardona, G. (2002). Tendencias educativas para el siglo XXI. Educación virtual, Online y @Learning. Elementos para la discusión. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa.* 15(2). Recuperado de http://www.uib.es/depart/gte/revelec.html .

[6] Hernández Sampieri,R., Fernandez Collado,C. y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial MC. Graw Hill.

[7] Herrera, R. (1999). *Tecnologías, Aprendizaje y Formación Profesional*. MeceSupFRO 0104.

[8] Marqués, P. (2002). *El impacto de la sociedad de la Información en el mundo educativo.* Recuperado de http://www.peremarques.net/impacto.htm

[9] Pascal, O.; Campoli, O.; Comoglio, M. & Minnaard, C. (2010*).* Impacto de las Tics en los docentes carreras de ingeniería. (pp. 2676-26949). En *39 JAIIO 2010. Jornadas Argentinas de Informática SSI Simposio sobre la Sociedad de la Información. Sociedad Argentina de Informática*. ISSN: 1850-2830

[10] Salinas, J. (2004a). *Hacia un modelo de educación flexible: Elementos y reflexiones.* En Martínez, F., Prendes, M.P. (coord.): *Nuevas Tecnologías y Educación*. Madrid, Pearson/ Prentice Hall.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

El desafío de promover el aprendizaje autónomo y la lectura y escritura académica en los estudiantes de Ingeniería Mecánica

Pustilnik, Isabel [1] *; Messina, Vicente [2]; Cittadini, Gloria [3]; Sara, Alicia [4] y Pano, Carlos [5]

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires
Mozart 2300 - CABA (1407) - matematica@cedi.frba.utn.edu.ar

[1] *Borges 2362 – CABA (1425)- isabel.pustilnik@gmail.com*
[2] *Suipacha 3808 – Gral. San Martín – Buenos Aires (1650) - vrmessina@arnet.com.ar*
[3] *Patricios 1564 – Santos Lugares – Buenos Aires (1676) - gloria.cittadini@gmail.com*
[4] *Humboldt 455 – CABA (1414) - aesara_bri@yahoo.com.ar*
[5] *Gascón 683 – CABA (1181) - cpano@doc.frba.utn.edu.ar*

RESUMEN

En esta comunicación presentamos una experiencia de enseñanza y de aprendizaje realizada con estudiantes de primer año de Ingeniería Mecánica de la FRBA, en la asignatura Álgebra y Geometría Analítica.
El tema que seleccionamos para la experiencia fue la aplicación de autovalores y autovectores al estudio de las cónicas, debido a su carácter integrador.
Buscamos que los alumnos abordaran el tema en forma autónoma y fomentamos la construcción colaborativa de los conocimientos, potenciando el trabajo de las clases presenciales con la utilización de un aula virtual.
El estudiante que ingresa a la Universidad debe desarrollar prácticas de lenguaje y pensamientos propios de cada una de las disciplinas. Aprender a leer y leer para aprender son partes inseparables de una misma unidad. Por ello, estimulamos la lectura de textos académicos, orientando a nuestros alumnos respecto de la bibliografía. También prestamos especial cuidado a la expresión escrita, tanto en la presentación del trabajo práctico como en la participación en un foro, por su valor reorganizador del pensamiento.
Los estudiantes utilizaron el programa Geogebra para investigar propiedades, formular hipótesis y extraer conclusiones: en suma, para "hacer Matemática". Con el propósito de que los alumnos descubrieran la relevancia del tema, les indicamos que buscaran en la Web aplicaciones a la Ingeniería, que luego compartieron y comentaron en un foro.
Adoptamos la metodología de la investigación-acción, integrando la reflexión sobre nuestra propia práctica docente como elemento esencial de nuestra actividad educativa, con el objetivo de optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje. En síntesis, investigamos para enseñar mejor y enseñamos a nuestros alumnos a investigar para que puedan aprender mejor.
Los resultados obtenidos son alentadores respecto de cursos anteriores, en cuanto al número de alumnos que promocionaron o aprobaron los trabajos prácticos. Además, percibimos por parte del grupo una actitud reflexiva y un compromiso con la asignatura que nos ha motivado para seguir profundizando en esta línea de trabajo.

Palabras Claves: Alfabetización académica – Aprendizaje autónomo – Virtualidad

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

En esta comunicación presentamos una experiencia de enseñanza y de aprendizaje realizada con estudiantes de primer año de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Buenos Aires – UTN-, en la asignatura Álgebra y Geometría Analítica.

Traemos esta experiencia al Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica porque queremos compartir esta experiencia con nuestros colegas que trabajan en el ámbito de la Ingeniería Mecánica. Entendemos que nuestro propósito está en línea con el Proyecto Retrovía, vigente en nuestra Facultad, que busca integrar y articular para mejorar la calidad de nuestros graduados. Retrovía tiene por objetivo: "que la comunidad UTN.BA adopte como metodología permanente, la interacción realimentada entre especialidades y básicas y entre actividades curriculares dentro mismo de cada terminal, a través de dispositivos pedagógicos institucionales que deben crearse y que deben ser monitoreados continuamente para lograr los ajustes oportunos que permitan mantener aceitada las relaciones básicas-especialidades y especilidad-especialidad" [1].

El grupo de investigación que realizó esta experiencia tiene, como antecedente vinculado a la temática, los resultados logrados en el desarrollo del proyecto Mejoramiento de la Enseñanza de la Matemática para la Formación del Ingeniero. Ese proyecto tuvo como objetivo ahondar en el tema de la alfabetización académica de los estudiantes del nivel superior, en particular en la enseñanza de la matemática en carreras de ingeniería de la UTN, proponiéndose conocer sobre las dificultades que encuentran los estudiantes para la comprensión y la redacción de textos, y sobre las acciones y criterios de los docentes para orientar las actividades de lectura y escritura. Partiendo de los conocimientos así obtenidos procuramos diseñar y ensayar técnicas de intervención para el mejoramiento de la compresión lectora y de la calidad de la producción escrita de los alumnos. Con ello se trató de realizar un aporte decisivo que hace a la formación matemática del ingeniero.

2. OBJETIVOS.

Señalamos a continuación los objetivos que guiaron a la experiencia.

2.1. Objetivos Generales.

- Propender al mejoramiento de la comprensión lectora y la escritura académica de los alumnos que cursan Álgebra y Geometría Analítica en la carrera de Ing. Mecánica de la FRBA-UTN .
- Potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática en la carrera de Ingeniería Mecánica a través de las nuevas tecnologías.

2.2. Objetivos Específicos.

- Incentivar la lectura de los textos seleccionados especialmente para la experiencia con el fin de fortalecer las bases de las producciones de los estudiantes.
- Favorecer la expresión escrita de un tópico de la Geometría Analítica útil para modelizar procesos de ingeniería.
- Estimular los aprendizajes autónomo y colaborativo teniendo en cuenta su carácter complementario.
- Inducir al descubrimiento de la relevancia del tema "autovalores y autovectores" a través de la búsqueda de aplicaciones a la Ingeniería.

3. CONCEPCIONES TEÓRICAS EN LAS QUE SE BASA LA EXPERIENCIA.

El concepto de alfabetización académica surgió entre los investigadores del mundo anglosajón hace ya algunos lustros y, en palabras de Carlino [2], se refiere al "conjunto de nociones y estrategias necesarias para participar de la cultura discursiva de las disciplinas, así como en las actividades de producción y análisis de textos requeridos para aprender en la universidad".

Un estudiante alfabetizado académicamente en matemática es un sujeto capaz de identificar y comprender el rol que juega la matemática en el mundo profesional, de emitir juicios bien fundamentados y de modelizar matemáticamente sistemas y procesos. El mundo profesional es el ambiente de trabajo, de relaciones sociales y hechos culturales que comprende la vida del ingeniero. Ese mundo también requiere de la capacidad de abrevar en las fuentes del conocimiento científico y tecnológico que cada vez más recurren al lenguaje matemático.

Lenguaje que además de ser un medio de comunicación, potente, económico y sin ambigüedades, también, por su uso, tiene valor epistémico: leer y escribir en ese lenguaje son modos privilegiados de aprender matemática. Su simbolismo lógico, espacial y cuantitativo es soporte seguro para el pensamiento y permite expresar y desarrollar las capacidades humanas de relación, representación, cuantificación y modelización.

La alfabetización académica con el desarrollo de las TIC en estos últimos años incluye el dominio de "múltiples lenguajes que implican nuevas formas de alfabetización, con especial referencia a la alfabetización audiovisual y a la digital [3]. Las mismas posibilitan nuevos modelos de construcción, apropiación y circulación del conocimiento.

Según Fourez [4], la expresión alfabetización científica y tecnológica "es una metáfora que alude a la importancia que ha tenido la alfabetización a fines del siglo XIX; la expresión designa el conjunto de saberes, de capacidades o de competencias que, en nuestro mundo científico- técnico, corresponderá a la que fue la alfabetización en el siglo pasado". Fourez apunta a que, durante el siglo XX, las matemáticas básicas fueron parte de una alfabetización insoslayable que iba más allá del mero aprender a leer y escribir. Actualmente, la democratización del acceso a la ciencia y la tecnología, y por lo tanto, a la matemática avanzada subyacente, son parte de una alfabetización imprescindible para construir un país moderno. Para concretarla, deben desarrollarse nuevas prácticas pedagógicas y nuevos diseños curriculares, que tengan en cuenta que el conocimiento del que deben apropiarse los estudiantes incluye las formas de aprender a aprender, pues deben ser aptos para, autónomamente, encarar el aprendizaje durante toda la vida, dada la velocidad con que evolucionan los conocimientos científicos y tecnológicos.

En la última década, el desarrollo extraordinario de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y de las aplicaciones informáticas en el diseño de espacios educativos virtuales y materiales multimedia de contenido, han permitido el surgimiento de una nueva modalidad educativa: la "educación a distancia tecnológica" [5]. La expresión educación a distancia tecnológica comprende diferentes propuestas educativas cuyo común denominador es que los procesos formativos se desarrollan también en un aula virtual. Los estudiantes de Ingeniería que complementen sus actividades presenciales con su participación activa en las aulas virtuales de las distintas asignaturas, estarán más preparados para emprender su futuro trabajo como ingenieros, donde cada día es más necesario realizar trabajos colaborativos en ámbitos no presenciales [6].

La investigación de Osorio y otros [7], en la Universidad de los Andes, acerca de la incorporación de las TICs en la enseñanza universitaria, concluye que una posibilidad de trabajo colaborativo está dada por el diseño de ambientes de aprendizaje que combinen lo presencial con lo virtual (b-learning), de manera tal que se logren ámbitos enriquecidos con las mejores posibilidades de ambos medios. En estos casos, en los que el modelo pedagógico se comporta como un sistema mixto, el reto más importante consiste en escoger la mejor "mezcla" de elementos presenciales y virtuales, de manera que el ambiente de la clase constituya un espacio que realmente favorezca el aprendizaje no sólo de contenidos conceptuales, sino también de los procedimentales y los actitudinales, para el mejor desarrollo de las competencias queridas, optimizando el uso de los recursos disponibles.

"Por otro lado, actualmente, más que nunca, la educación debe preparar adecuadamente para vivir en la nueva sociedad del conocimiento y para afrontar los retos que de ella se deriven"[8 papeles]. Esto implica capacitar a los estudiantes para un aprendizaje autónomo. Autonomía que no es libertad de elección de contenidos ni independencia de las formas institucionales. Se trata de poner el acento en la implicación personal y el compromiso de la persona que aprende en su propio aprendizaje. "Para lograrlo es necesario que la formación académica supere el paradigma en el que predominaba la concepción de educación que enfatizaba la adquisición y transmisión de conocimientos y asuma un nuevo paradigma que se convierta en generador de nuevas formas de pensamiento y acción más adecuadas a las características de los nuevos tiempos, formando en aquellas competencias y capacidades que permitan conseguir un aprendizaje continuo o permanente a lo largo de toda la vida" [8].

4. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.

4.1. Materiales y recursos.

Aprovechamos las potencialidades de las aulas virtuales para poner en práctica un diseño didáctico orientado hacia el aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo, que tenga en cuenta el valor epistémico de la lectura y la escritura académicas. En estas aulas, implementadas en entorno Moodle, los estudiantes cuentan con los siguientes recursos:

• Programa de computación orientado al aprendizaje de la matemática: El programa permite a los estudiantes realizar exploraciones para descubrir propiedades, formular hipótesis y resolver problemas.

• Tutorial: Especialmente elaborado para el autoaprendizaje del manejo básico del programa.

• Apuntes teóricos y bibliografía complementaria: Con estos recursos y el andamiaje docente, los estudiantes se inician en el ejercicio de la lectura académica.

• Trabajo práctico: Lo instrumentamos como "tarea" en Moodle. Los estudiantes suben un archivo con el trabajo resuelto, a través de la plataforma. Los profesores devolvemos la tarea, con sugerencias y comentarios pertinentes, de modo que el alumno pueda mejorar su producción original.

• Problemas: Convencidos de que la capacidad para resolver problemas es una competencia a desarrollar en un futuro ingeniero, incluimos en el trabajo práctico problemas sencillos, cuya resolución implica el dominio de los contenidos conceptuales y procedimentales estudiados. El desafío de resolver problemas abre posibilidades de discusión y colaboración, y también es motivo para la presentación de informes que contengan la resolución, la explicación de los procedimientos utilizados, las respuestas y la teoría comprometida. Pretendemos que la redacción de informes sea un acto de escritura académica.

• Foros: Pusimos a disposición de los alumnos foros de intercambio de ideas para cada asunto, concebidos como espacios de trabajo colaborativo que ayudan a la comprensión del tema. Hicimos hincapié en la escritura académica, formulando preguntas que deben ser respondidas ya sea en el lenguaje natural o en el lenguaje formal de la matemática. Guiamos a los estudiantes en el manejo de un editor de ecuaciones para que puedan escribir en un soporte digital.

4.2. Actividades.

A los efectos de alcanzar los objetivos planteados, diseñamos siete actividades para ser realizadas por los estudiantes. El trabajo planteado se enfocó sobre el concepto de cónicas rotadas y trasladadas como aplicación del concepto de autovalores y autovectores y del de transformación afín.

En ciertas actividades les pedimos un análisis cualitativo de la ecuación de segundo grado (1)

$$ax^2 + bxy + cy^2 + f = 0 \qquad (1)$$

a partir de variar los parámetros a, b, c y f; también de la ecuación (2)

$$ax^2 + bxy + cy^2 + mx + ny + f = 0 \qquad (2)$$

haciendo variar a, b, c, m, n, y f , y de la ecuación (3)

$$x^2 + 4xy + cy^2 = k \quad \text{(con k mayor que cero)} \qquad (3)$$

Para realizar estas actividades, los estudiantes tuvieron que experimentar con el programa GeoGebra, interactuar entre ellos discutiendo los hallazgos y producir un informe escrito dando cuenta de los resultados obtenidos.

En otras actividades les pedimos hallar una rotación conveniente del sistema de coordenadas que permita eliminar los términos rectangulares de las ecuaciones (4) y (5)

$$4xy + 2 = 0 \quad (4)$$

$$4xy + 3x - 3y + 2 = 0 \quad (5)$$

a los efectos de llevarlas a la forma canónica y facilitar su graficación. También les planteamos el problema inverso: dados cuatro puntos en el plano, vértices de una elipse, hallar la ecuación cartesiana. La dificultad aquí es que los puntos están sobre una elipse rotada, por lo que se requiere conectar los conceptos de autovectores y sus autovalores con los datos ofrecidos. Los estudiantes tuvieron que informar sobre lo obtenido.
En la última actividad les pedimos que hicieran una búsqueda en Internet de aplicaciones de los autovalores y autovectores a la ciencia o a la ingeniería. Habilitamos en el aula virtual un "foro de búsqueda" a través del cual pudieron compartir sus hallazgos y discutirlos colaborativamente para informarlos.
Para todas las actividades, los estudiantes pudieron interactuar entre ellos y con sus profesores en un foro denominado "espacio de intercambio de ideas".

5. METODOLOGÍA.

La experiencia se realizó en el año 2011, en un curso de la asignatura Álgebra y Geometría Analítica, con alumnos de la especialidad Mecánica de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. El curso estuvo a cargo de una profesora titular y un jefe de trabajos prácticos, ambos integrantes del proyecto de investigación que enmarca este trabajo. Ellos desempeñaron el doble rol de docentes e investigadores, por lo cual el modelo de investigación-acción resultó ser una guía apropiada. Adoptamos la metodología de la investigación-acción, integrando la reflexión sobre nuestra propia práctica docente como elemento esencial de nuestra actividad educativa, con el objetivo de optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje. En síntesis, investigamos para enseñar mejor y enseñamos a nuestros alumnos a investigar para que puedan aprender mejor.

5.1. Acerca de la Investigación – Acción.

La investigación-acción es un marco metodológico adecuado para tratar los problemas detectados vinculados al quehacer diario en el aula, encontrar las soluciones en términos de acciones para el mejoramiento y ejecutar esas acciones, vinculando la teoría con la práctica.
El conjugar la investigación con la acción educativa realizada en un espacio concreto permite al docente formar su sentido crítico y apelar a su creatividad para definir la didáctica que logre superar los obstáculos detectados. El alumno encontrará un ambiente adecuado para la construcción del conocimiento en un aula con un docente que diagnostica, teoriza, reflexiona sobre los resultados de las acciones que propone y modifica las que no resultan satisfactorias. No menos importante es la experiencia que el educador adquiere para la valoración de los productos de sus acciones, para la sistematización de las experiencias y del conocimiento generado por éstas.
El término investigación- acción fue propuesto en 1946 por Kurt Lewin, médico, biólogo y filósofo polaco que se formó en Alemania y en 1933 emigró a EE.UU, donde fue docente en la Universidad de Cornell y, a partir de 1944, en el MIT, estableciendo el Centro de Investigación para la Dinámica de Grupos (Research Center for Group Dynamics), donde procuró elaborar una teoría común sobre la psicología de los grupos y las relaciones interpersonales. Fue el fundador de la Psicología Social moderna. Su Teoría del Campo sostiene que es imposible una investigación de esta naturaleza desligando la investigación de la práctica; no es posible conocer el comportamiento humano fuera de su entorno, de su ambiente. Se trata de una forma de investigación que enlaza el enfoque experimental de la ciencia social con programas de acción social que respondan a los problemas sociales principales. Mediante la investigación–acción se pretende tratar de forma simultánea conocimientos y cambios sociales, de manera que se unan la teoría y la práctica, resultando posible lograr de manera simultánea avances teóricos y cambios sociales.

La educación no es principalmente una actividad teórica, los problemas que debe atender son prácticos, requieren llevar a cabo una acción decidida. El saber teórico por sí solo no resuelve los problemas aunque puede motivar e inspirar la acción.
Lewin esencialmente sugiere que las tres características más importantes de la investigación-acción moderna son: su carácter participativo, su impulso democrático y su contribución simultánea al conocimiento en las ciencias. En la medida en que miembros de una comunidad toman parte en la investigación, la investigación-acción se torna investigación participativa.

5.2. Acerca del estudiante investigador.
El rol de los estudiantes, en la experiencia, es el de ser sujetos de aprendizaje. Más allá de esto, los estudiantes, en este caso, realizaron actividades propias de la práctica investigativa. Se encontraron frente a situaciones problemáticas que no podían resolver con el bagaje de conocimientos adquiridos previamente. Tuvieron entonces que acudir a fuentes bibliográficas, tanto a las sugeridas por los docentes como a las obtenidas por su propia búsqueda. Realizaron tareas de experimentación, principalmente con el programa Geogebra, lo cual les permitió formular conjeturas acerca del comportamiento de ciertos parámetros de los objetos matemáticos en estudio. Discutieron sus hallazgos con sus pares. Tuvieron que argumentar a favor de las soluciones halladas y validarlas. Por último, comunicaron su trabajo por escrito.

6. CONCLUSIONES.
Los resultados obtenidos son alentadores respecto de cursos anteriores, en cuanto al número de alumnos que promocionaron la asignatura: considerando los cursos 2010 y 2011 de Ingeniería Mecánica, en el mismo horario y con los mismos docentes, y teniendo en cuenta que la experiencia que relatamos se realizó por primera vez en el 2011, el porcentaje de aprobación de los trabajos prácticos fue del 54% en el 2010 y del 60% en el 2011. Nos parece importante señalar que de los alumnos que aprobaron, en el 2010 sólo promocionaron la asignatura una tercera parte, ascendiendo este porcentaje al 50% en el 2011. Notamos que los estudiantes se comprometieron con la experiencia mostrando una dedicación mayor que la que es habitual en las modalidades tradicionales de enseñanza. Hubo significativa interacción entre docentes y estudiantes y entre los mismos estudiantes, lo que facilitó la construcción de los conocimientos.
La experiencia permitió el desarrollo de competencias necesarias para el desempeño profesional. Los estudiantes se ejercitaron en la selección de información confiable en la Web, se familiarizaron con la utilización de un programa matemático que aprendieron a manejar solos a partir de la lectura del tutorial y pudieron desenvolverse en un ámbito virtual de aprendizaje.
Como docentes, desarrollamos prácticas no rutinarias que requirieron planeación rigurosa, observación dirigida, acción decidida y reflexión conjunta de equipo. El rol que asumimos como docentes en este tipo de experiencias supera el rol tradicional de transmisores de conocimientos para convertirnos en guías y facilitadores del aprendizaje para nuestros estudiantes.
Como investigadores, entendemos que hemos producido conocimiento aplicable alineado con el pensamiento de Paul Romer [9]: “El conocimiento es el único recurso ilimitado, el único activo que aumenta con su uso”.
La experiencia estuvo limitada a una unidad de la asignatura, contribuyó a la evaluación del rendimiento académico de los estudiantes y aportó para la acreditación. No fue una evaluación de productos terminados, estuvo centrada en el proceso de aprendizaje, se basó en un enfoque constructivista, incluyó un componente metacognitivo (reflexión sobre el propio aprendizaje), incorporó una mirada cualitativa y tuvo en cuenta el contexto. Fue una práctica de evaluación innovadora en el sentido que describe Pano [10].
Como docentes investigadores, nos entusiasmamos por nuestro crecimiento como profesores ya que asumimos un rol más comprometido con el aprendizaje de nuestros estudiantes y utilizamos recursos y metodología que potenciaron nuestra enseñanza. Asimismo, percibimos por parte de los estudiantes una actitud positiva, amable con la experiencia y de compromiso con la asignatura que nos motiva para seguir profundizando en esta línea de trabajo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

[1] Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires. (2011). "*Proyecto Retrovía".* Disponible en http://academica.frba.utn.edu.ar/imagenes/retrovia_1.pdf. Pág. 3
[2] Carlino, Paula. (2003). "Alfabetización académica: un cambio necesario, algunas alternativas posibles". *Educere, Investigación*, Año 6, Número 20, Enero – Febrero– Marzo. p.410
[3] Bergomás Gabriela (2008). "Las Alfabetizaciones Múltiples como Eje de la Formación Docente". *Razón y Palabra* p. 23-27.
Disponible en http://www.razonypalabra.org.mx/n63/gbergomas.html
[4] Fourez, G (1997) *Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*, Ediciones Colihue, Buenos Aires, en Sabelli, N. (2008) "Alfabetización en el Siglo XXI: Ciencia y Tecnología al alcance de todos". *Proyecciones*. *Volumen 6, Número 2, p 18*, FRBA-UTN, Buenos Aires.
[5] Barberà, E., Badia, A. (2005). "El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior". *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, Vol.2, (2)*. Disponible en http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/barbera.pdf.
[6] Denazis, J., Patetta, N., Pustilnik, I., Giménez, C.; Rosa, A., Domínguez, M.C, Grossi, M.D., Alonso, A., (2011). "Aulas Virtuales de Matemática en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires: un espacio de trabajo conjunto entre la facultad y la escuela media". *Conferencia ICDE-UNQ 2011*. Buenos Aires, Argentina.
[7] Osorio, L. A., Aldana, M. F., Salazar, A. M, y Leal, D. E. (2006)."Incorporación de las TIC en educación superior". *Experiencia Institucional Universidad de los Andes, Colombia. Trabajo para concurso Premio de experiencias en informática educativa para instituciones educativas*, disponible en https://www.portafolioconsultores.org/memoriasteledu/losorioetal.co.pdf
[8] Núñez, José Carlos; Solano, Paula; González-Pienda, Julio A. y Rosário, Pedro. (2006). "El aprendizaje autorregulado como medio y meta de la educación". *Papeles del Psicólogo. N° 3. Vol. 27*. Disponible en http://www.papelesdelpsicologo.es/vernumero.asp?id=1371
[9] Romer, Paul. (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth". *The Journal of Political Economy. N°5. Vol. 94* Chicago: The University of Chicago Press.
[10] Pano, Carlos Oscar (2008). "Evaluación innovadora: una experiencia con estudiantes Tecnológicos". *Proyecciones, Vol. 6, Nº 2, 59-65*. Buenos Aires.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

SOFTWARE DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS EN INGENIERÍA MECÁNICA.

Jalil Jeremías J. E.[(1)], Stratta, Lucas D.*[(2)], Ing. Tais, Carlos E. [(3)], Ing. Marino Marcos [(4)], Ing. Fernández Huber [(5)]*

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María.
Avda. Universidad 450 (5900) Villa María, Córdoba.

(1) jjejalil@gmail.com
(2) lucas_0722@hotmail.com
(3) carlos.e.tais@gmail.com
(4) mmarino@frvm.utn.edu.ar
(5) gfernandez-h@frvm.utn.edu.ar

RESUMEN

El Método de Los Elementos Finitos (MEF) es una metodología de cálculo para distintos fenómenos físicos, que ha adquirido importancia a la hora de resolver numerosos problemas de ingeniería que con métodos tradicionales de cálculo no pueden ser resueltos. Una de las principales aplicaciones dentro de la ingeniería mecánica es el cálculo de estructuras sólidas sometidas a distintos esfuerzos.
El objetivo de este trabajo es presentar un software de características didácticas, que permite al alumno la implementación del método de los elementos finitos y contribuyendo de esa forma a la comprensión del mismo. Se exponen así una serie de ejemplos prácticos que demuestran las bondades del programa. A diferencia de los complicados paquetes comerciales de MEF, esta herramienta está desarrollada en el entorno de MATLAB, de fácil adaptación, inmediata resolución y cómoda lectura de resultados.
A la hora de la resolución de problemas con este software, el usuario pone en práctica sus conocimientos de MEF, tales como el modelado de la geometría del problema, la aplicación de las cargas, las condiciones de bordes, el tipo de mallado y finalmente la interpretación correcta de los resultados. Este, y en contraposición de otros programas, muestra algunos pasos importantes en la resolución de problemas, como son las matrices generadas y la distribución discreta de tensiones.
El software, utiliza como datos iniciales, la geometría del dominio en estudio, sus propiedades físicas y estados de cargas. A modo didáctico el alumno introduce los datos de su propio mallado, pudiendo comprobar la calidad del mismo. Tras el cálculo, el programa proporciona los resultados en forma gráfica utilizando gradientes de colores indicando los valores de los esfuerzos y las deformaciones.

Palabras Claves: Método de los elementos finitos, enseñanza del análisis estructural, MATLAB

1. INTRODUCCIÓN

Son muchas las ramas de la ingeniería en donde se necesita determinar los valores de tensiones y deformaciones de sólidos continuos. Las soluciones analíticas exactas de las ecuaciones que permiten encontrar estos valores en cualquier punto de una pieza, son válidas únicamente para casos relativamente sencillos, partiendo de hipótesis, simplificaciones, y haciendo uso de la estática y resistencia de materiales.

Pero, cuando los problemas se tornan más complejos en su geometría y estados de cargas, la posibilidad de obtener ecuaciones explícitas que reflejen la solución se ve seriamente limitada.

Con la finalidad de aportar soluciones a este problema, en 1877 Rayleigh para un caso práctico y Ritz en 1909, le dan forma a la teoría generando métodos de aproximación aplicables a casos sencillos y complejos, aunque para estos se requieren un gran número de operaciones matemáticas.

El Método de los Elementos Finitos proporcionó muchos resultados a problemas más complejos, basándose en la subdivisión de un dominio en subdominios o elementos de geometría adecuada, que permite el tratamiento analítico e individual de cada elemento, para que en una etapa posterior sean ensamblados y dar una solución al conjunto.

En 1943 McHenry planteo la idea y en 1955 Argyris le dio el enfoque con que actualmente se trabaja. Entre 1953 y 1956 Turner modeló un ala delta para análisis aeroeslástico empleando elementos triangulares en la superficie del ala. Finalmente en 1960 Ray William Clough, usó el término elemento finito para nombrar el método por primera vez. Mediante los avances en la computación, la aplicación del mismo se vio favorecida y evolucionó rápidamente.

El MEF, actualmente, es una herramienta insustituible para el análisis estructural moderno, y se ha extendido a otros campos ya sea la mecánica de los fluidos, transferencia de calor, mecánica de los suelos y campos electromagnéticos. [1]

2. MARCO TEÓRICO

Desarrollaremos la teoría, considerando una pieza en estado plano de tensión, donde solamente actúan la tensiones $\boldsymbol{\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}}$ y el resto son nulas es decir: $\boldsymbol{\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{zx} = \tau_{yz} = \tau_{zy} = 0}$.

En la Figura 1 se muestra un sólido continuo de dos dimensiones vinculado en sus bordes y con cargas externas, al cual se discretizo en subdominios. [2]

Los elementos finitos utilizados en este desarrollo y en el trabajo son únicamente triángulos de tensión constante, ya que permiten una amplia aplicación en programas de cálculos.

El fin de este método es conocer estos valores de tensiones en todos los elementos del sólido, para ello primeramente será necesaria la determinación de los corrimientos.

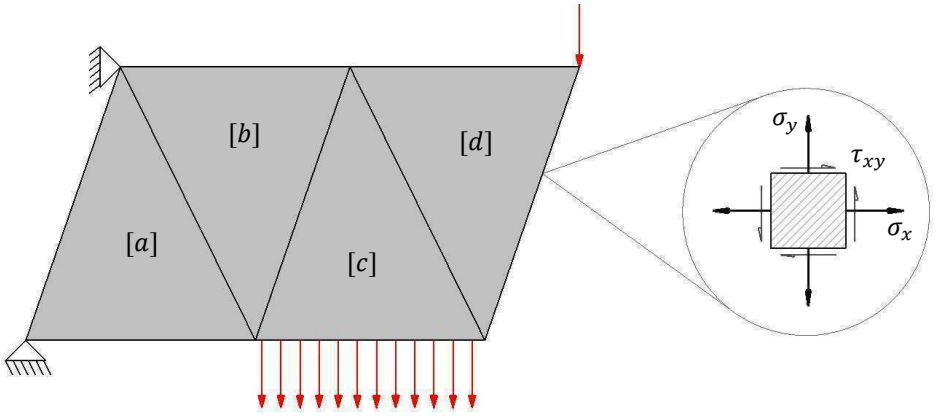


Figura 1: Discretización del dominio en subdominios.

Si tomamos un elemento del dominio por ejemplo $[\boldsymbol{c}]$, la cantidad de puntos a los que debemos encontrarles los corrimientos ya son finitos y solamente poseen dos componentes $(\boldsymbol{u}, \boldsymbol{v})$.

Es claro que, a mayor subdivisión del sólido, mayor va a ser la aproximación al resultado correcto. Antes de encontrar los valores de las tensiones, se deben calcular los desplazamientos de un punto $\boldsymbol{P}$ genérico del elemento, observados en la Figura 2.

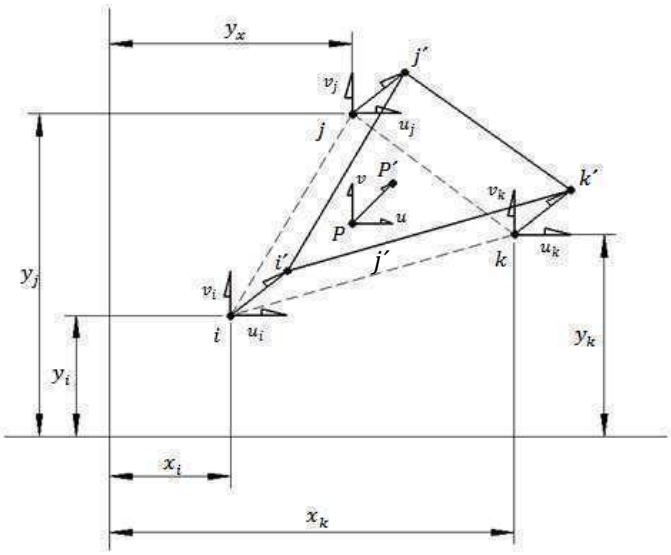


Figura 2: Desplazamientos del elemento triangular $[\boldsymbol{c}]$ *en el plano.*

$$u = u_i\varphi_i + u_j\varphi_j + u_k\varphi_k \quad (1)$$
$$v = v_i\varphi_i + v_j\varphi_j + v_k\varphi_k \quad (2)$$

Las ecuaciones (1) y (2) nos dan el valor de los desplazamientos según $\boldsymbol{x}$ e $\boldsymbol{y}$ del punto genérico $\boldsymbol{P}$ del elemento $[\mathbf{c}]$. En donde $\boldsymbol{\varphi}$ es una función base de aproximación que abarca todo el problema y $\boldsymbol{u_i, v_i}$ son parámetros desconocidos, que deberán ser encontrados con las ecuaciones de equilibrio, condiciones de vínculo, ecuaciones de constitución y compatibilidad de la estructura. Como el estudio se realiza en torno al elemento triangular con vértices $(\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k})$ las funciones $\boldsymbol{\varphi}$ consideradas son lineales:

$$\varphi_i = \frac{A_i}{A} \qquad A_i = \frac{1}{2}[a_x^i(y - y_k) - a_y^i(x - x_k)] \quad (3)$$

$$\varphi_j = \frac{A_j}{A} \qquad A_j = \frac{1}{2}[a_x^j(y - y_k) - a_y^j(x - x_i)] \quad (4)$$

$$\varphi_k = \frac{A_k}{A} \qquad A_j = \frac{1}{2}[a_x^k(y - y_i) - a_y^k(x - x_i)] \quad (5)$$

Donde **A** es el área $(\mathbf{i},\mathbf{j},\mathbf{k})$. Conocidos estos desplazamientos en cada elemento las deformaciones ya quedan definidas por:

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \qquad \epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial y} \qquad \gamma_{xy} = \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) \tag{6}$$

Como se menciono antes, el elemento se encuentra en tensión plana y constante en todo su interior estos valores ya pueden ser conocidos mediante:

$$\sigma_x = \frac{E}{(1-\mu^2)}(\epsilon_x + \mu\,\epsilon_y) \tag{7}$$

$$\sigma_y = \frac{E}{(1-\mu^2)}(\epsilon_y + \mu\,\epsilon_y) \tag{8}$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1-\mu^2)}\gamma_{xy} \tag{9}$$

3. DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.1 Lenguaje de programación.

El lenguaje de programación MATLAB es útil para realizar programas donde la metodología de cálculo es estructurada, como es el caso del MEF. Se eligió esta plataforma ya que cuenta con una amplia biblioteca de funciones matemáticas y algebraicas predefinidas, logrando que la programación se centre el resolver el método y no a desarrollar funciones de cálculo numérico. Un simple programa de dos dimensiones utilizando el MEF solo requiere unos cuantos cientos de líneas de código en MATLAB, mientras que en otras interfaces como C++, Visual Basic, o Fortran, podrían requerir unas cuantas miles.
Además de su facilidad de programación, MATLAB brinda la posibilidad de crear una interface grafica multimodular de fácil programación, y permite realizar una compilación generando un archivo ejecutable, que puede ser utilizado en cualquier versión del sistema operativo Windows, y sin necesidad de tener MATLAB instalado en el ordenador. [3]

3.2 Estructura del programa.

El programa desarrollado, denominado **JS2D,** consiste en líneas de pseudocódigo vinculadas con diferentes bloques, donde se ingresan los datos del problema a resolver y se analizan los resultados.

La estructura de cálculo [4] utilizada fue la siguiente:

- Ingreso de datos.
- Obtención de la matriz de tensión plana.
- Cálculo de rigidez de cada elemento.
- Obtención de la matriz general de rigidez.
- Armado de matriz de cargas y corrimientos iniciales.
- Condensación de matriz general.
- Cálculo de corrimientos por cada nudo.
- Cálculo de reacciones.
- Cálculo de los diferentes esfuerzos de cada elemento.
- Gráficas de corrimientos.
- Gráficas de esfuerzos.

La interacción con el programa es a través de una interface gráfica, donde se tiene acceso a los diferentes bloques:

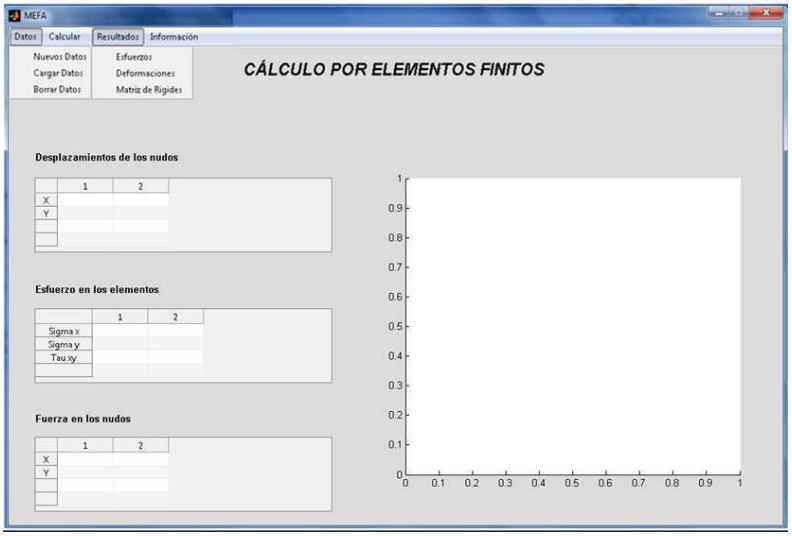


Figura 3: Ventana principal, donde se muestran los resultados numéricos y se tiene acceso a los diferentes módulos del programa.

3.1.1 Ingreso de datos manual

El alumno manualmente genera su propio mayado e ingresa sus datos en el programa utilizando la interfaz observada en la Figura 3, donde se le da lugar para colocar los datos correspondientes al problema que está resolviendo. Esta interface brinda la posibilidad de generar un archivo con formato .txt con los datos ingresados para que pueda realizar el mismo cálculo tantas veces como lo desee, y modificar parámetros sin la necesidad de ingresar todos los datos nuevamente.

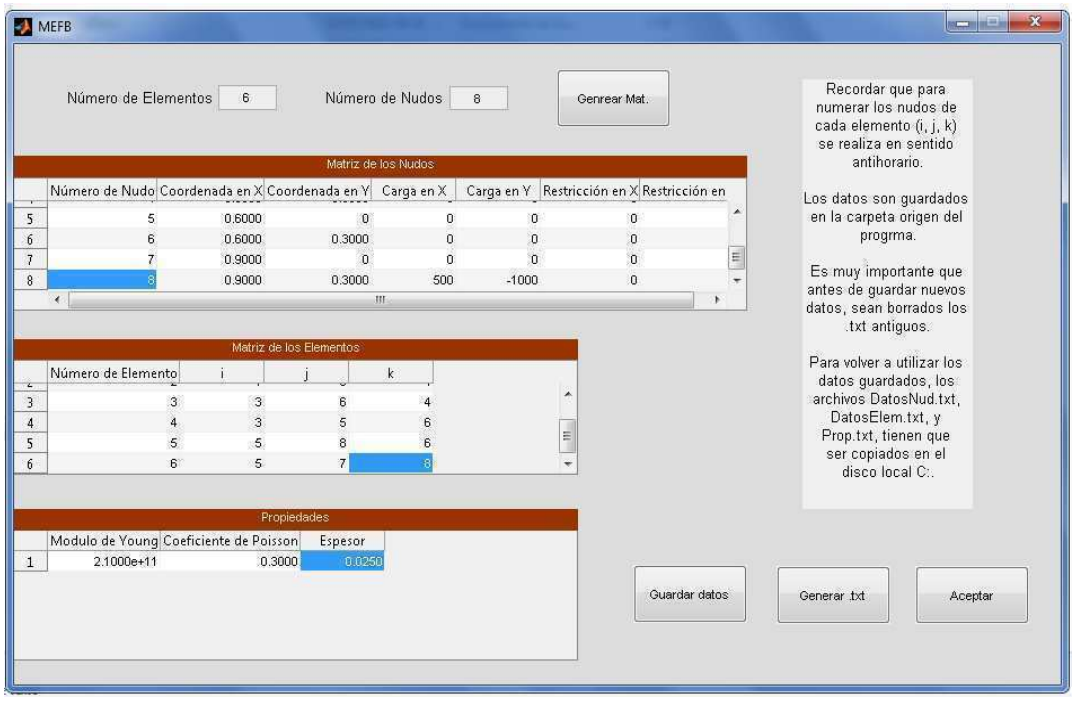


Figura 4: Ventana donde se ingresan los datos de los problemas a resolver.

3.1.2 Ingreso de datos guardados

Otra forma de ingresar los datos, es cuando ya se tiene los archivos con formato .txt, colocando los tres archivos: DatosNud.txt, DatosElem.txt y Prop.txt, en el disco local C: del ordenador y presionando el botón “Cargar datos”, que se muestra en la siguiente imagen, los datos son cargados, y el programa está listo para realizar los cálculos.

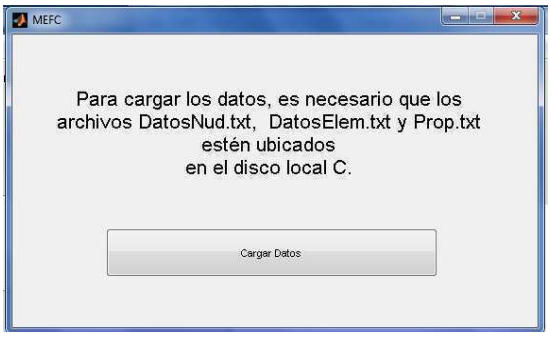


Figura 5: Módulo para cargar los datos ya guardados.

3.1.3 Cálculo

Para iniciar el cálculo se presiona en el botón “Calcular” que está ubicado en la ventana principal, Inmediatamente se proyectan los datos numéricos obtenidos y se grafica el esquema de la estructura calculada, y su deformación, dicha deformación está aumentada 100 veces para una mejor visualización.

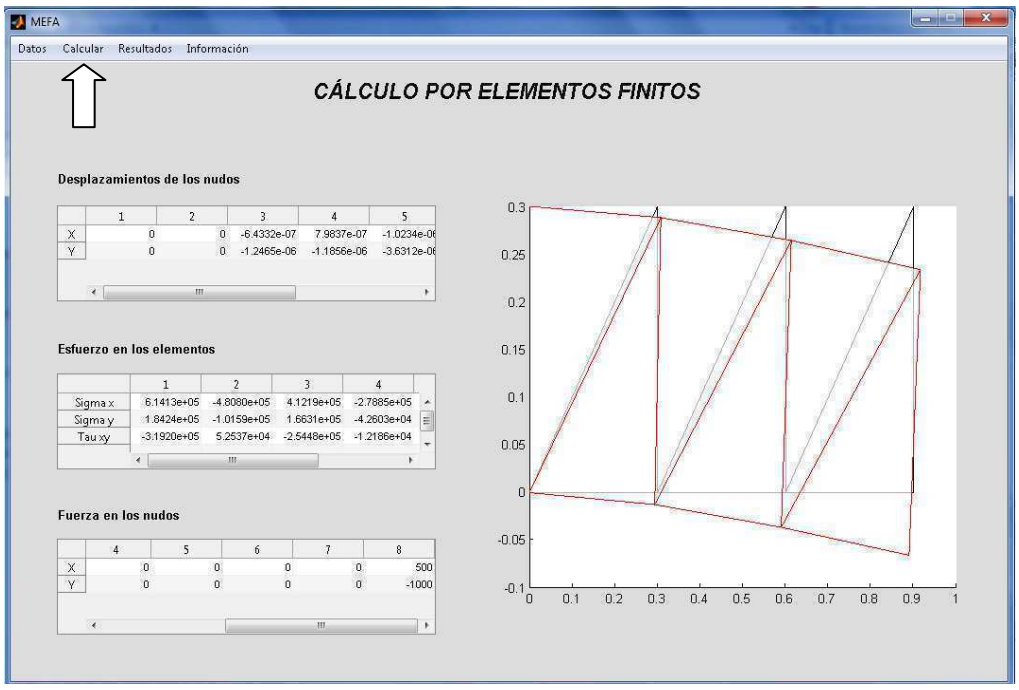


Figura 6: Ventana de inicio, donde se muestra un ejemplo resuelto.

3.1.4 Resultados

No solo está disponible la presentación numérica de los resultados, en la pestaña “Resultados”, si no que se puede acceder a visualizar los desplazamientos y los esfuerzos de forma gráfica, pudiendo ver su distribución. Además brinda la posibilidad de ver la matriz general de rigidez y su dispersión, este apartado es considerado importante, ya que es un punto crucial en el cálculo, donde el alumno puede comprobar si su cálculo manual es correcto.

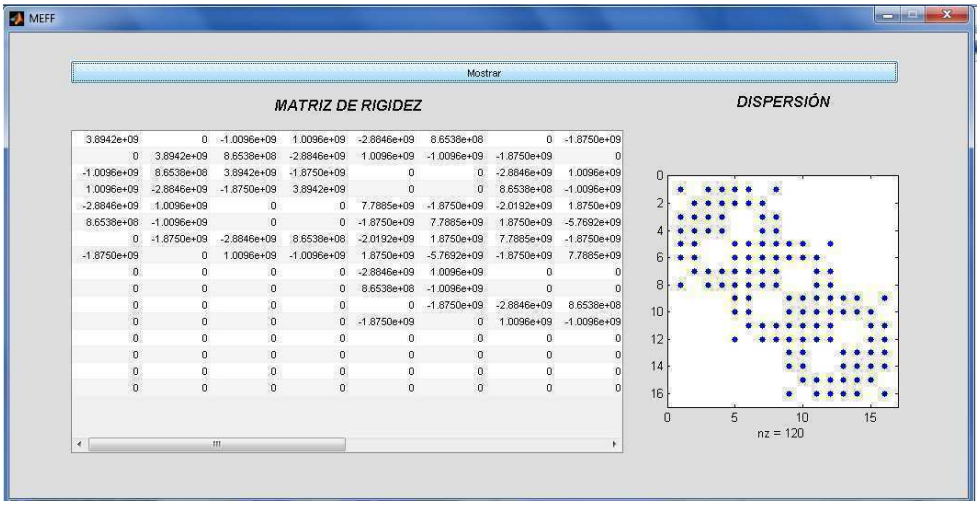


Figura 7: Módulo donde se presenta la matriz general de rigidez del problema resuelto, con su respectiva dispersión.

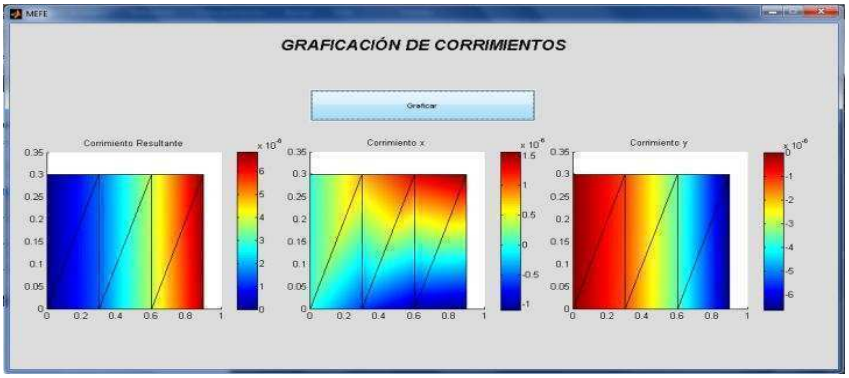


Figura 8: Módulo donde se representa en un espectro continuo de los corrimientos del problema resuelto.

Figura 9: Módulo donde se muestra en un espectro discreto la distribución de los esfuerzos del problema.

3.2 Posibilidad de cálculo.

En las imágenes mostradas en el apartado anterior se mostró un ejemplo sencillo que usualmente se utilizan para la enseñanza del MEF, donde el alumno realiza un cálculo manual y paralelamente comprueba sus resultados con el programa.
Sin embargo este software tiene una mayor capacidad, pudiendo abordar problemas de gran complejidad. Utilizando un software de mallado, y generando un archivo compatible con el software se puede realizar estudios muy variados, a continuación se presentan algunos de ellos.

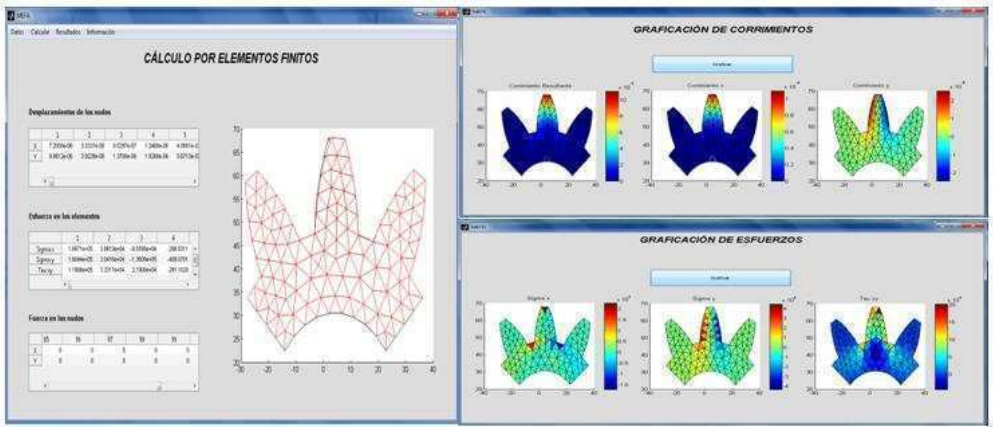


Figura 10: Análisis de un diente de engranaje, con una carga horizontal positiva, ubicada en la parte superior del diente. El mayado se realizó con software Abaqus [5], y se adaptó para compatibilizarlo con el programa.

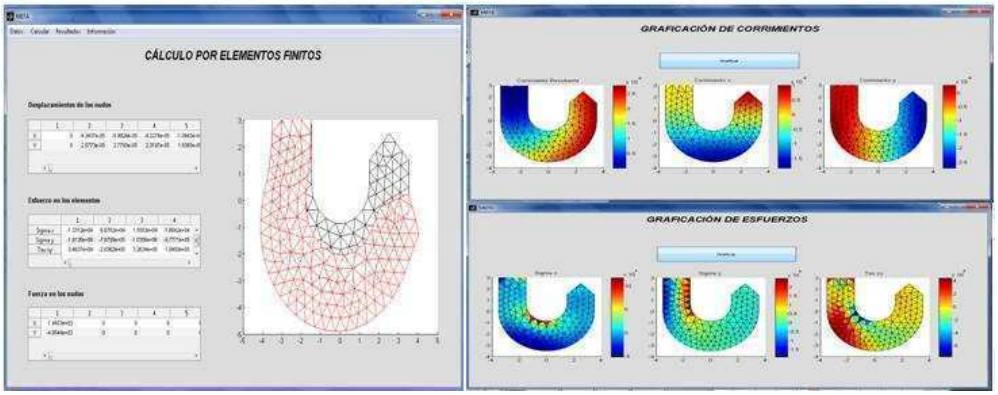


Figura 11: Análisis de un gancho sometido a una fuerza vertical negativa, ubicada en la parte superior de este. El mayado se realizó con software Abaqus [5], y se adaptó para compatibilizarlo con el programa.

Los resultados obtenidos fueron comprobados con software comerciales de cálculo, y presenta los resultados con una gran precisión, generando confiabilidad en los resultados obtenidos.

3. CONCLUSIONES.

Sin duda alguna el método de los elementos finitos es una herramienta de grandes alcances y múltiples aplicaciones, sin embargo la enseñanza de este método a estudiantes es complejo, ya que se requiere un entendimiento de múltiples pasos y una gran cantidad de cálculos, por lo que hemos observado que al aplicar una herramienta que acompaña al alumno en su cálculo, incrementa las posibilidades que este los culmine de forma correcta. Mientras que sin ayuda del software el alumno termina sus cálculos y no sabe con certeza si los ha realizado de forma correcta, creando la posibilidad de adquirir conceptos y metodologías erróneas de cálculo.

4. REFERENCIAS.

[1] Ing. Felix A. Tavarone (1996) "*El Método de los Elementos Finitos*" Villa María Mayo 1996.
[2] Cook, Robert D - . (1995). "*Finite Element Modeling for Stress Analysis"* Universidad de Wisconsin - Madison. 1ª Edición. John Wiley & Sons. Estados Unidos.
[3] Chaves Eduardo W. V.; Minguez Roberto. (2010). *"Mecánica Computacional en la Ingeniería Con Aplicaciones en MATLAB". Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Calanes y Puertos.* Universidad de Castilla-La Mancha, España. 1ª Edición. Graficas Calima S.A. España
[4] Kattan Peter (2008). "*MATLAB Guide to Finite Elements"*. 2ª Edición. Springer. Alemania
[5] Abaqus/CAE 6.9-1 " Dassault sistemes, 2009"

Agradecimientos

Se brinda un agradecimiento a:

- Departamento de Ing. Mecánica de la UTN Facultad Regional Villa Maria, por su apoyo y disposición.
- A los organizadores del Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica, por brindar la oportunidad de presentar este proyecto.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Uso de la Simulación como Herramienta Didáctica para la Enseñanza de la Tecnología CNC en Ingeniería Mecánica

Vaca, Carlos M.*, Kunusch Micone, Martín, Monge, Juan B., Pincini, José L.

Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ingeniería.
Ruta Nac. 36 - Km. 601 - Código Postal X5804BYA - Río Cuarto - Córdoba - Argentina
cvaca@ing.unrc.edu.ar.
mkunusch@ing.unrc.edu.ar
jmonge@ing.unrc.edu.ar
jpincini@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN
El presente trabajo contempla la introducción de la simulación gráfica en el proceso enseñanza-aprendizaje considerando las dificultades observadas en los alumnos al momento de la elaboración de los programas a ejecutar en la máquina-herramienta a CNC con que cuenta la cátedra Tecnología Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto para el desarrollo de sus prácticos. El recurso de la simulación gráfica sumado al centro de mecanizado disponible permite transformar de una manera más gradual el conocimiento teórico en experiencias prácticas que favorecen el desarrollo de las competencias de egreso del alumno, entre ellas la de utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
La experiencia realizada ha permitido aumentar el interés y la disposición de los alumnos frente a los casos propuestos, percibiéndose una mejora en la fase de elaboración de los programas, advirtiéndose también progresos en la aplicación de estrategias de mecanizado.
Además, se ha logrado un mejor control del proceso enseñanza-aprendizaje mediante una comprobación rápida y visual de lo elaborado por el alumno detectando fácilmente errores en la lógica de la programación.
Por último, esta iniciativa ha permitido alcanzar una mayor cohesión y perfeccionamiento en el equipo docente.
En conclusión se rescata la importancia de la simulación como herramienta pedagógica al promover la participación activa del alumno, ayudando al equipo docente en el desarrollo de las competencias básicas y transversales de los alumnos de Ingeniería.

Palabras Claves: Enseñanza, aprendizaje, simulación, mecanizado, programación CNC.

1. INTRODUCCIÓN

En la década del 70, con la aparición comercial de los microprocesadores, surge la implementación de los sistemas de Control Numérico Computarizado (CNC) en las máquinas-herramientas existentes (tornos, fresadoras, entre otros) impulsando a técnicos e ingenieros a capacitarse en esta nueva rama de la tecnología de procesos de producción.

En la actualidad, el avance de la tecnología, la necesidad de optimizar la calidad del producto y minimizar el costo de producción, han hecho del CNC una herramienta indispensable para la industria moderna.

En Educación Superior, es necesario su abordaje dado la importancia de la utilización de estos sistemas en la formación del estudiante de ingeniería mecánica.

En el año 2008, mediante fondos provenientes del Programa de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ingenierías (PROMEI), se adquirió para la Cátedra de Tecnología Mecánica de la Carrera Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto, un centro de mecanizado a CNC (Control Numérico Computarizado) de características didácticas.

Este equipamiento consiste en una máquina-herramienta para la fabricación de piezas mecánicas en modo automático. La obtención de tal pieza se logra mediante la ejecución de sucesivas operaciones contenidas en un programa elaborado en un lenguaje codificado.

La confección de tal programa requiere de varios conocimientos previos, entre los que se puede mencionar los procesos de mecanizado, materiales, geometría de herramientas, además del dominio de las instrucciones codificadas necesarias para una redacción adecuada.

El equipamiento mencionado ha sido aplicado a la enseñanza en el marco del desarrollo de las clases prácticas regulares de la asignatura durante dos ciclos lectivos.

En este contexto, se han observado dificultades tanto en la instancia de elaboración del programa por parte del alumno, como en la aplicación del mismo para su ejecución por la máquina.

Entre las dificultades encontradas podemos identificar las siguientes:

- Dudas de los alumnos al momento de la propia verificación que realizan de la secuencia lógica de pasos que proponen para la correcta construcción del elemento a fabricar.
- Posibilidad de cometer errores relativos a los entornos pieza-máquina-herramienta y no inherentes a la lógica de programación. Riesgo de colisión con el posible daño del equipamiento didáctico.
- Dificultad del docente para la corrección de lo producido por los alumnos dada la extensión, la diversidad y el grado de detalle propios de este tipo de actividad.
- Bajo rendimiento observado en las evaluaciones.

En este entorno, las restricciones en cuanto a seguridad, implementadas en todo el ámbito de la Facultad, impiden la utilización de la máquina por parte del alumno sin la orientación y asistencia permanente del docente responsable, de modo tal que individualmente el alumno no tiene la posibilidad de evacuar las dudas generadas durante el aprendizaje realizado hasta esta instancia.

Una acción complementaria al uso de las máquinas es la utilización de simuladores que imiten su funcionamiento en un entorno computacional con una fuerte interfaz gráfica.

La propuesta de innovación planteada consiste en la utilización de estrategias didácticas basadas en la simulación gráfica del equipamiento CNC. Específicamente, se trata de la incorporación de un simulador de fresa y torno a CNC en el dictado de los prácticos de laboratorio de la cátedra de Tecnología Mecánica.

Existen numerosas experiencias donde la aplicación de herramientas computacionales de visualización gráfica fue utilizada con éxito en el dictado de diversas asignaturas.

Se observa un aprendizaje más rápido y dinámico con una mejor interpretación de resultados. [1].

Asimismo, otros autores sostienen que “En los cursos de grado, la introducción de técnicas de simulación es muy importante, y se verificó que en las clases donde a los estudiantes se les propuso trabajar con simuladores, obtuvieron un nivel de conocimientos mayor.” [2].

El recurrir a herramientas de simulación permite a los estudiantes imitar el funcionamiento de un sistema real, sin incurrir en los altos costos y riesgos que éste implica.

Una simulación permite ensayar diversas condiciones de trabajo en corto tiempo, sin afectar al sistema por efecto de los errores y sin riesgo para el operador. Además, el estudiante puede conducir al sistema a una situación de falla, de manera de enfrentar las consecuencias que esto acarrea.

Por este motivo, contar con este recurso sumado al centro de mecanizado disponible permite transformar de una manera más gradual el conocimiento teórico en experiencias prácticas que favorecen el desarrollo de las competencias de egreso del alumno.
Es claro que, la simulación es el medio más adecuado para el aprendizaje del manejo de equipos complejos y costosos. En esta situación, se incorporan conocimientos específicos para planificar, secuenciar y verificar; operaciones mentales éstas que se vinculan con el saber hacer.
Es importante destacar que, de este modo, se promueve el desarrollo de las competencias tecnológicas, como concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería en relación a sistemas, componentes, productos o procesos. Además de utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
Más específicamente, la simulación y la optimización son reconocidas en el entorno de las capacidades a desarrollar en los estudiantes.
Estas competencias son consideradas en el Primer Acuerdo sobre Competencias Genéricas [3].
Esta propuesta rescata la importancia de las visualizaciones y del uso del computador como herramienta pedagógica priorizando la participación activa del alumno, ayudando al equipo docente en el desarrollo de las competencias básicas y transversales de los alumnos de Ingeniería.
Los objetivos específicos planteados para este trabajo son los siguientes:

- Mejorar el control del proceso enseñanza-aprendizaje mediante una comprobación rápida y visual de lo elaborado por el alumno detectando fácilmente errores lógicos de programación.
- Disminuir los riesgos de rotura del equipamiento a través de un adiestramiento adecuado en el simulador.
- Aprovechar de modo más eficiente el tiempo disponible para la práctica real en máquina, dado la familiarización lograda por el estudiante durante su entrenamiento en el simulador. De esta manera se logra un mayor acceso a la máquina-herramienta por parte de los alumnos.
- Mejorar la capacidad de hacer del estudiante, es decir, la competencia tecnológica mínima exigida a su egreso.

Las dificultades planteadas tanto en torno a la elaboración del programa por parte de los alumnos como en la fase de ejecución del mismo sobre la máquina-herramienta, nos sugieren trabajar alrededor de las capacidades y habilidades para hacer de los estudiantes de Ingeniería. En este sentido, partimos del supuesto que el problema puede ser abordado desde una dimensión eminentemente práctica, en la cual es ésta quien delimita la teoría necesaria. Es así que "la teoría cobra sentido a partir de la práctica y de las condiciones concretas de trabajo." [4].

2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Durante el primer año de ejecución de este proyecto se desarrollaron actividades con el equipo docente y con los alumnos.

2.1. Las actividades del equipo docente

Las actividades del equipo docente tienen relevancia en el Primer cuatrimestre dado que aquellas actividades con los alumnos se desarrollan durante el dictado de la asignatura Tecnología Mecánica en el segundo cuatrimestre.
La utilización de la herramienta informática de simulación requiere de la necesaria capacitación por parte los docentes que llevaran a cabo la experiencia. En este sentido, se llevó a cabo un seminario en el cual se destacaron aquellos aspectos relacionados con la instalación del software, las características de uso, así como aquellas particularidades propias de cada simulador, el referido a torno y el simulador de fresa.
El diseño de actividades específicas para desarrollar en el simulador consistió en tres tipos diferentes a saber:
- Actividades para llevar a cabo con grupos de dos o tres alumnos.
- Actividades para que los alumnos resuelvan individualmente.
- Actividades a desarrollar conjuntamente con el equipamiento CNC didáctico.

El equipo docente se reunió con una frecuencia semanal. El fin de estos encuentros de trabajo fue elaborar y diagramar las actividades mencionadas así como también evaluar la pertinencia de las mismas.

2.2. Trabajo con los alumnos

- Realización de una introducción al uso del simulador mediante una capacitación teórica dirigida a la utilización efectiva de la herramienta.
- Provisión de material de guía de las actividades y de estudio.
- Realización de actividades propuestas en forma grupal. Con la asistencia de los docentes se plantea la utilización del simulador en grupos de dos o tres alumnos.
- Realización de actividades propuestas de carácter individual sobre el simulador. En esta instancia el alumno efectúa la corrección de su propia tarea.
- Utilización individual del simulador para casos propuestos para una posterior ejecución en la máquina didáctica. Ésta es una instancia previa al uso de la máquina didáctica. En esta etapa, el alumno verifica su código programado comprobando el funcionamiento lógico del mismo así como detecta aspectos relacionados a la cinemática del conjunto pieza-herramienta, es decir, posibles colisiones que pongan en riesgo la integridad del equipo. También puede experimentar otras soluciones al problema planteado.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las herramientas básicas para evaluar la eficacia de la propuesta son las siguientes:

- Evaluación de desempeño. Esta es una instancia en la que se evalúan los conocimientos y habilidades adquiridas por los alumnos. La misma se realiza ejecutando el programa elaborado y verificado previamente en el simulador, sobre el equipamiento didáctico disponible, de tal manera de lograr la materialización de la pieza propuesta con las características y dimensiones especificadas.
- Encuesta. En la consulta a estudiantes se busca recolectar datos que reflejen la percepción que tiene el alumno en relación a la utilización de herramientas informáticas de simulación.
- Observación de clases. Se trata de identificar las competencias logradas por los estudiantes durante el transcurso de las clases prácticas.

Una de las instancias en las que es posible evaluar el desempeño del estudiante, es en la ejecución del Trabajo Final Integrador de la materia. Este trabajo consiste en la elaboración de toda la documentación técnica necesaria para la fabricación de una pieza mecánica de revolución. Esta documentación incluye, la planimetría, las máquinas-herramientas y herramientas a utilizar, la programación en código ISO para torno CNC, entre otros aspectos. Para esta etapa, la de elaboración del programa, tradicionalmente el alumno la realizaba de modo manual quedando el mismo sin la posibilidad de experimentar diferentes alternativas a su proyecto y más aún, era incapaz de poder detectar errores tanto de sintaxis como de movimiento de la herramienta. Al frente de este proceso se encontraba el docente quien debía corregir y evaluar lo realizado por el alumno. Es clara la dificultad ante la que se enfrentaba en términos del nivel de detalle –coordenadas de puntos- que contiene cada programa elaborado.

Un relevamiento realizado con los trabajos finales integradores de los años 2009 y 2010 muestra algunas de las deficiencias detectadas luego de intentar volcar los códigos programados manualmente al simulador. Entre las más importantes podemos mencionar: problemas en la interpretación y utilización de las funciones de interpolación circular –G02 y G03-, colocación de valores radiales en la coordenada X, omisión del origen o cero pieza, omisión de algunas operaciones como el refrentado, trayectoria de salida inadecuada de la herramienta.

Luego de introducida la simulación, fueron evaluados nueve grupos de alumnos que en la defensa de su Trabajo Final, evidenciaron en su totalidad: una adecuada estrategia de mecanizado, ausencia de errores de sintaxis, ningún problema de colisión –sólo un grupo tuvo algún inconveniente- y un manejo adecuado del software. Al momento de verificar las dimensiones finales de las piezas sólo el 30 % presentó algunas diferencias con los requisitos especificados en la planimetría.

La investigación evaluativa se lleva a cabo teniendo en cuenta no sólo los registros de desempeños tradicionales de los alumnos en las diferentes etapas de evaluación (evaluaciones parciales, trabajo integrador) sino también con herramientas de recolección de datos e información que tienen que ver con la percepción que tienen los alumnos respecto de la innovación planteada. Además, la percepción del equipo docente se logra materializar a través de la observación de clases.

La herramienta planteada para conocer la percepción de los alumnos es la encuesta y tiene el objetivo de captar el grado de satisfacción de los estudiantes respecto de la utilización del software de

simulación, detectar las limitaciones que tiene, a su juicio, el recurso ofrecido e indagar sobre aquellos aspectos susceptibles de mejora.
Se trabajó con todos los alumnos del curso, asumiendo el cuestionario el carácter de individual y anónimo.
El cuestionario que se tomó a 31 alumnos participantes de la experiencia, tiene cuatro preguntas de las cuales sólo la primera tiene cuatro opciones preestablecidas –Muy adecuado, Adecuado, Poco adecuado, Insuficiente-, el resto es de libre redacción. Lo indagado fue los siguiente: "¿En qué grado considera Ud. que la herramienta de simulación ha favorecido el aprendizaje de la programación de CNC?; ¿Qué limitaciones importantes considera Ud. que posee el uso de la simulación mediante el software propuesto? (por ejemplo, de instalación, de manejo, etc.); Mencione aquellos aspectos que Ud. considere necesario mejorar en esta propuesta de trabajo integrado de simulación-uso de máquina CNC; Todo otro comentario o sugerencia que quiera hacer, será bienvenido."
En las Figuras 1 a 4 se muestran las respuestas a cada pregunta.
Las respuestas a cada una de las preguntas han sido clasificadas y agrupadas en cuatro aspectos de acuerdo a la repetición de respuestas similares.
En este sentido los aspectos se han ordenado de manera decreciente de acuerdo al grado de aceptación de la propuesta por parte del alumno.
De este modo, el primer aspecto, el a), representa para las cuatro preguntas, respuestas, en cierta forma, convenientes u óptimas. Es decir, a mayor número de respuestas en este apartado, la propuesta tendría mayor aceptación.
El aspecto b) de acuerdo a las respuestas dadas por los alumnos, tiene que ver con las limitaciones del recurso utilizado y la necesidad de mejorar el equipamiento disponible, ya sea, el software simulador o la máquina-herramienta de CNC utilizada. El significado de este aspecto para el equipo docente implica un condicionante técnico-económico cuya resolución está ligada a lo presupuestario e institucional.
En relación al aspecto c), éste representa que la propuesta es poco adecuada, debido a fallas o defectos del software que tienen que ver con problemas en la instalación, errores del software cuando realiza trayectorias con compensación, entre otros. Además, se hallan respuestas que indican una necesidad de más prácticas con el equipamiento, un tiempo mayor de contacto con el equipamiento y la resolución de mayor cantidad de ejercicios. Desde este punto de vista, la mejora de la propuesta pasa por atender los tiempos de ejercitación y práctica, organizando y planificando adecuadamente el currículo de acuerdo a los recursos humanos disponibles, sin desatender los contenidos mínimos exigidos para la materia.
Finalizando, el número de respuestas coincidentes con el aspecto d) implicaría que la propuesta tiene falencias desde el punto de vista del proceso enseñanza-aprendizaje, las que representan un desafío mayor por parte del equipo docente. Éstas están relacionadas con trabajar individualmente y en salas de informáticas o bien se podría mejorar considerando actividades complementarias a lo realizado como pueden ser la implementación de un software de CAM (Computer-Aided Manufacturing – Fabricación asistida por computadora).
En síntesis, la Figura 5 muestra el grado de aceptación de la propuesta innovadora por parte de los alumnos que participaron en la experiencia, teniendo en cuenta el total de respuestas (124) agrupadas de acuerdo a los aspectos antes citados. Podemos considerar una amplia aceptación, dado que más del 70 % de los alumnos así lo manifiestan.
Es de destacar que no todo lo indicado por los alumnos en las respuestas implicaría una mejora. Así por ejemplo, cuando se manifiesta que el software de simulación debería ser el mismo que posee la máquina-herramienta de CNC, no se percibe por parte de los alumnos, que se estaría perdiendo la instancia práctica de adaptaciones obligadas entre codificaciones similares.

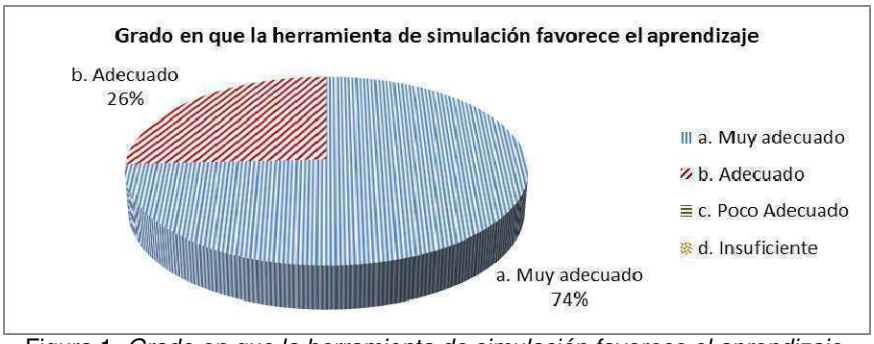


Figura 1. *Grado en que la herramienta de simulación favorece el aprendizaje.*

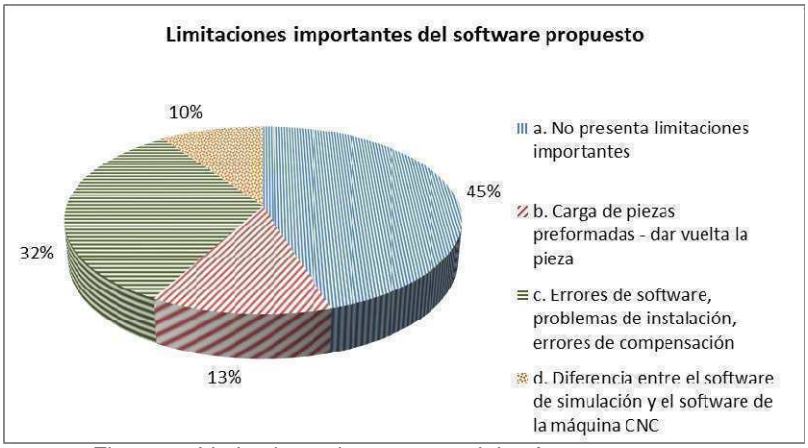


Figura 2. *Limitaciones importantes del software propuesto.*

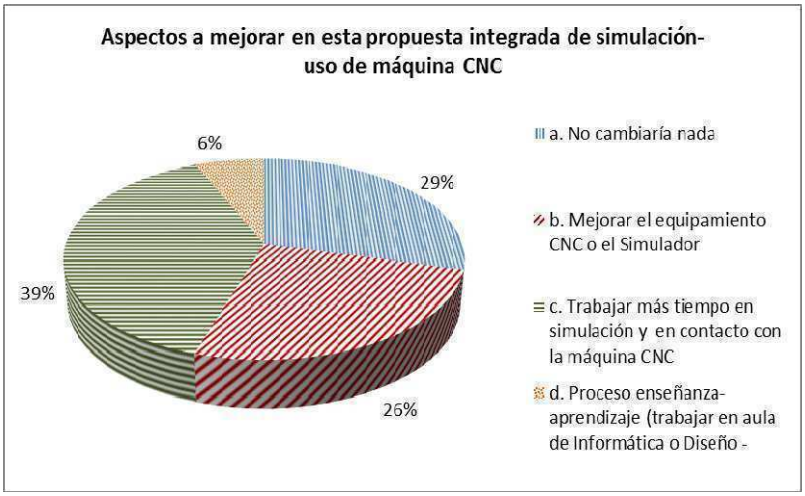


Figura 3. *Aspectos a mejorar en esta propuesta integrada de simulación-uso de máquina CNC.*

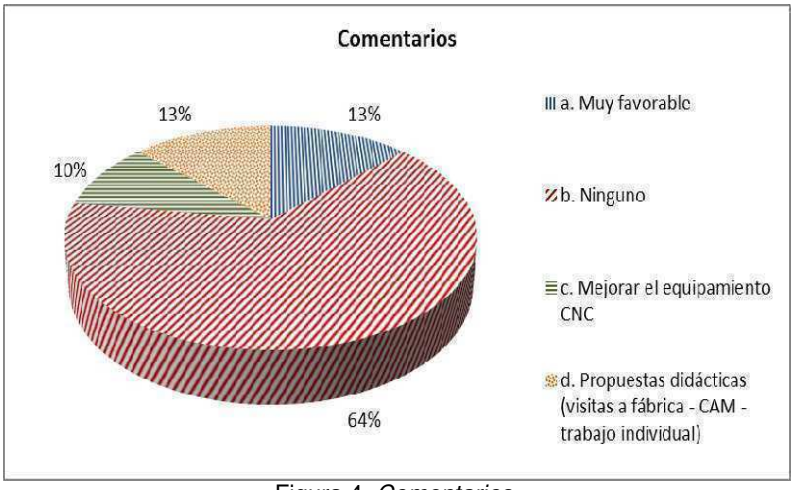


Figura 4. *Comentarios.*

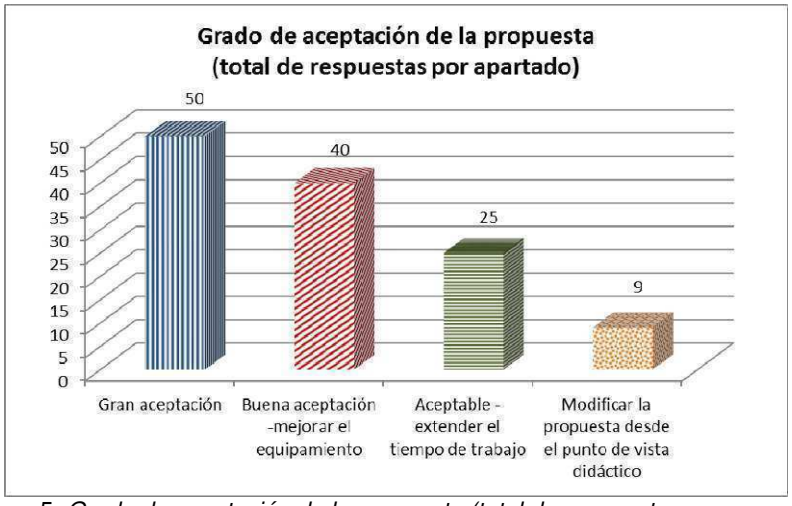


Figura 5. *Grado de aceptación de la propuesta (total de respuestas por aspecto).*

En relación a la observación de clases realizada durante la ejecución de las actividades prácticas en la máquina-herramienta CNC didáctica, se destaca lo dificultoso de evaluar las competencias y habilidades de los alumnos, por cuanto estos trabajan en grupos de diez con la participación activa del docente. Por ello, las habilidades para la carga, verificación, ejecución y puesta a punto de la máquina, así como la destreza en la operación de la misma, no puedieron ser relevadas adecuadamente.

Entre las principales dificultades u obstáculos afrontados, se puede mencionar la reducida disponibilidad horaria para la realización de las actividades prácticas. Esto tiene su justificación ante la diversidad de temas y conceptos a desarrollar en la materia, reservando algunas clases para los contenidos relativos a CNC.

En cuanto a los avances logrados hasta ahora, es de destacar el aumento en el interés y la disposición de los alumnos al momento de afrontar las tareas. Asimismo, se percibe una mejora en la fase de elaboración de los programas por parte de los alumnos. En este sentido, la posibilidad de ensayar diferentes estrategias de mecanizado, verificar colisiones, corregir la sintaxis de la codificación y acceder a una librería de diferentes herramientas, hace de este recurso una herramienta muy versátil. Además, en el transcurso de la realización de esta experiencia el equipo

docente ha logrado una mayor cohesión y perfeccionamiento para la ejecución de las distintas actividades. Por último, mediante el financiamiento del proyecto se ha mejorado y ampliado el equipamiento disponible, a través de la adquisición de herramientas y accesorios para la fresa didáctica.

4. CONCLUSIONES

En esta instancia del desarrollo de la experiencia -aún resta la etapa final-, creemos, como se ha visto, que la simulación gráfica se constituye en una herramienta que facilita el proceso enseñanza-aprendizaje de los conceptos y competencias ligadas a la tecnología de Control Numérico Computarizado que utilizan las máquinas-herramientas modernas. Desde el equipo docente que conforma la Cátedra, vislumbramos algunas líneas de acción orientadoras para mejorar nuestra labor docente:

- En relación a las actividades con los alumnos, surge como necesidad un mayor tiempo de práctica que permita un afianzamiento de las competencias y conceptos trabajados.
- Desde la didáctica, pensamos en futuras estrategias ligadas a un cambio de espacio de trabajo que permita al alumno una ejercitación individual con la supervisión del docente. Utilizar un aula de informática con una cantidad suficiente de equipos, sería una alternativa posible para el desarrollo de las actividades de simulación.
- En cuanto al equipamiento, el desarrollo de esta experiencia permite justificar la necesidad de mayor presupuesto destinado a la adquisición y mejoramiento del equipo existente.
- Como línea futura de trabajo surge la posibilidad de desarrollar, tal vez en una materia optativa, el campo ligado al concepto de CAM, que tiene una fuerte relación con la programación CNC.

5. REFERENCIAS

[1] Mut, Osvaldo F.; Colomé, Delia G.; Ocampo, Edith.(2006). "Aplicación de tecnologías informáticas en el análisis y visualización de conceptos de circuitos eléctricos". *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. Año 7 Nº 12*. Río Cuarto. Argentina.

[2] Maciel, M.R.W.; Maciel-Filho, R.; Vasconcelos, C.J.G. (1998). "The Use of Commercial Simulators in the Engineering Teaching: A Naturally Simulating Approach". *International Conference on Engineering Education.* R. de Janeiro, Brazil.

[3] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería CONFEDI. (2006). "Primer Acuerdo sobre Competencias Genéricas". *3er. Taller s/ desarrollo de Competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina.* Villa Carlos Paz. Argentina.

[4] Macchairola, Viviana. (2007). "Currículum basado en competencias. Sentidos y críticas". *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. Año 8. Nº 14. pp 42*. Río Cuarto. Argentina

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Estudio de la dinámica de cuerpos rígidos mediante el análisis de fotografías de larga exposición y vídeo digital

Nuñez, Pablo[1], Olivieri, Néstor[2], Llera, María[3] y Rodríguez, Eduardo[4]
[1] Instituto de Industria, Universidad Nacional de General Sarmiento
Juan María Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Buenos Aires
[1] panunez@ungs.edu.ar
[2] nolivier@ungs.edu.ar
[3] mllera@ungs.edu.ar
[4] erodrigu@ungs.edu.ar

RESUMEN

El estudio de los cuerpos rígidos es un tema de estudio común en las carreras de ingeniería. El contenido teórico está tratado en los libros académicos y los conceptos de rodadura y de energía mecánica son casi ineludiblemente abordados en las clases teóricas. Pero no es frecuente el análisis de movimientos con deslizamiento y la consecuente pérdida de energía mecánica. Aquí mostramos una forma posible de estudiar fenómenos en los que hay transición de deslizamiento a rodadura o viceversa. Estas situaciones traen aparejadas cambios de energía que pueden ser cuantificados experimentalmente. El trabajo emplea una técnica que permite analizar puntos de interés de un cuerpo rígido mediante la captura de vídeo y fotos de larga exposición. La fotografía de larga exposición permite obtener en una imagen la trayectoria continua del movimiento, y del vídeo se obtiene la evolución temporal del movimiento. Los experimentos permiten obtener conclusiones tanto cualitativas como cuantitativas sobre el rol de la fuerza de roce en los casos de rodadura.

Palabras claves: Cuerpo rígido, rodadura, deslizamiento, fotografía de larga exposición.

1. INTRODUCCIÓN

En las carreras de ingeniería el estudio de temas de mecánica cobra especial importancia como una necesidad de la formación básica de los alumnos. Un capítulo usualmente tratado concierne a la dinámica de cuerpos rígidos. Como caso especial del tema, se suelen plantear las condiciones que aparecen necesarias para un movimiento de rodadura sin deslizamiento, puesto que ello lleva a simplifican la resolución de problemas por el empleo de ecuaciones de vínculo que conectan el desplazamiento lineal con el angular, la velocidad de traslación con la de rotación y la aceleración lineal con la aceleración angular. Puesto que el análisis del movimiento de un cuerpo rígido requiere tener en cuenta el desplazamiento del centro de masa del cuerpo y también el de los puntos que evidencien rotaciones en torno al centro de masa, en la práctica docente se observa que este tipo de casos no siempre son comprendidos por los alumnos de un modo intuitivo.

Este trabajo aporta demostraciones y experimentos que contribuyen a la presentación de las temas referidos. Los problemas que tratamos en este artículo aparecen como ejemplos o ejercicios en los libros de texto [1, 2], o bien como problemas de desafío en revistas especializadas [3]. Se consideran las características generales de un movimiento de rodadura sin deslizamiento y, en particular, los efectos observables cuando existe una transición desde el deslizamiento a la rodadura. En la práctica, como veremos, la observación de estas características requiere la realización de mediciones en la escala de tiempo del segundo, y para resolver este problema se recurre al uso de técnicas digitales de toma de imágenes del movimiento, con la posibilidad de registrar variaciones en intervalos del orden de 1/30 segundo dada la velocidad de captura de cámaras habitualmente disponibles.

En este trabajo analizamos el movimiento de diferentes cuerpos rodantes mediante técnicas digitales que combinan la captura de fotos de larga exposición y vídeos en simultáneo. De esta manera, se obtiene información de todo el movimiento: las fotografías permiten obtener la trayectoria completa de los puntos de la periferia y del centro de masas. Pero también, instante a instante, la captura del vídeo nos permite adquirir datos de la posición y la velocidad del cuerpo, los que luego son usados para calcular las variables cinemáticas y dinámicas del sistema. En combinación, las técnicas permiten dilucidar varias cuestiones en torno al movimiento de cuerpos rígidos, del caso de rodadura, la influencia del rozamiento y la conservación (o no) de la energía mecánica.

A continuación, en la Sección 2 se presentan las técnicas digitales usadas, en la que se dan algunas pautas generales para la reproducción de los experimentos. En la Sección 3 se describen dos posibles experimentos y los resultados que producen. La Sección 4 reseña las conclusiones generales sobre la base de los resultados experimentales y la práctica docente asociada a la disponibilidad de estas técnicas.

2. TÉCNICAS DIGITALES

Las técnicas que se presentan en este trabajo permiten, en conjunto, determinar la posición instantánea de uno o más puntos de un cuerpo en movimiento. En especial, se presenta la aplicación de estas técnicas al análisis de movimiento de cuerpos rígidos, con énfasis en el seguimiento de la posición del centro de masas y de puntos en rotación en torno de él. Para estudiar estos movimientos se utilizan dos técnicas digitales: fotografía de larga exposición y vídeo.

Las fotografías de larga exposición permiten obtener la trayectoria de los puntos de interés del cuerpo rígido. Para ello, es conveniente trabajar en un ambiente oscuro y resaltar en color claro los puntos cuya trayectoria se desea analizar. De ser necesario, se puede optar por iluminar con luz ultravioleta (“luz negra”). El tiempo de exposición debe ser comparable al tiempo de medición del experimento, dado que cuanto más tiempo esté abierto el obturador, mayor será la luz que entre a la cámara y se podrá perder contraste en la fotografía. La cámara fotográfica utilizada en este trabajo es del tipo réflex digital, con capacidad para seleccionar el tiempo de exposición.

En cuanto a la captura en vídeo del movimiento, esta se realiza en simultáneo con la toma de la fotografía de larga exposición. Para captar imágenes en ambientes de baja iluminación, algunas filmadoras poseen la opción “night-shot”, que permite filmar aprovechando la capacidad de captación en el infrarrojo cercano.

Una vez obtenida la filmación, un análisis cuadro por cuadro del vídeo permite conocer la posición en función del tiempo de los puntos seleccionados [4, 5]. Es necesario situar en el cuadro de filmación

una regla que sirva de patrón para establecer una escala que asocie píxeles con las longitudes características del experimento. La posición en píxeles de aquellos puntos representativos de las imágenes se puede obtener con la ayuda de software convencional, como Paint (®Microsoft) o Photoedit (®Microsoft).
Ambas cámaras se deben ubicar lo más cercanas posible entre sí, y a una distancia que minimice el paralaje que, de no poder evitarse, puede producir variaciones del tamaño de la imagen del objeto según se encuentre en el centro o cerca del borde de la "escena". Para esto, es recomendable distanciar las cámaras de la escena lo máximo posible, pero sin perder detalle de los puntos del cuerpo a estudiar.
A continuación, se presentan dos experiencias factibles, que estudian: 1) la transición del deslizamiento a la rodadura de un cuerpo cilíndrico que se mueve sobre una superficie horizontal, y 2) la rodadura de un cuerpo rígido con cambio de radio de giro. En los experimentos se evalúan: efectos cinemáticos y energéticos asociados a la presencia o no de deslizamiento.

3. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

3.1 Cilindro que desliza hasta alcanzar la condición de rodadura

En este caso el dispositivo es una lata cilíndrica a la que se imprime un impulso para que comience a deslizarse (sin rotar) sobre una superficie horizontal. Se trata también de ajustar las condiciones del impulso para que el cuerpo ejecute una transición a un movimiento de rodadura en un breve lapso.
Practicado el experimento, se obtiene una fotografía de larga exposición como la que se muestra en la Figura 1. Se puede ver la trayectoria de dos marcas pequeñas colocadas sobre el cuerpo: una en la periferia y otra en el centro de una de las caras circulares de la lata. La primera marca ayuda a seguir la evolución de la rotación de un punto de la periferia en torno del eje de rotación que pasa por el centro de masa del cuerpo.

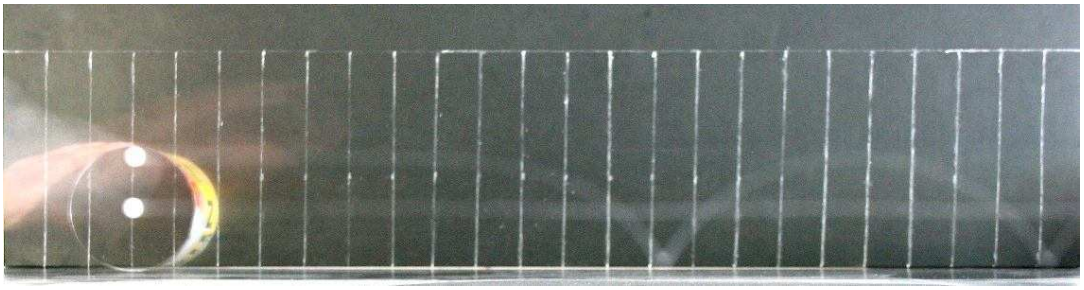


Figura 1 *Fotografía de larga exposición que permite obtener la trayectoria de los puntos de interés.*

El primer análisis que se puede hacer es cualitativo. De la imagen se aprecia que, inicialmente, las marcas tienen trayectorias paralelas, de lo que se deduce que el cuerpo inicia el movimiento deslizándose sin rotar. Tras recorrer un cierto trayecto sobre la superficie, el cuerpo empieza a rotar hasta que alcanza la condición de rodadura. Es útil observar, como hecho notable, que el punto periférico toma mayor nitidez e intensidad al pasar por la parte más baja de su trayectoria. Esto evidencia que justo en ese punto el eje instantáneo de rotación tiene velocidad nula relativa a la superficie. Asimismo, la condición de rodadura queda caracterizada por la cicloide que describe el punto de la periferia.
En un posterior análisis se pueden cuantificar los resultados obtenidos considerando la condición de vínculo que se presenta entre la velocidad de traslación v_{cm} del cuerpo y su velocidad angular ω en condiciones de rodadura sin deslizamiento:

$$\omega = \frac{v_{cm}}{R} \qquad (1)$$

donde R es –en el presente caso– el radio del cilindro. Ambas velocidades se extraen del análisis cuadro por cuadro del vídeo.
El gráfico de la Figura 2 representa la velocidad de rotación ω y el cociente v_{cm} / R, ambos en función del tiempo. Al inicio del movimiento, se observa un intervalo de tiempo en el que la velocidad angular es casi nula, mientras que la velocidad de traslación se va incrementando por efecto del impulso inicial, hasta alcanzar un valor máximo. En este intervalo el cuerpo desliza y sobre él actúa una fuerza de rozamiento cinético que provee un torque de rotación, fuerza de roce que a la vez frena el cuerpo. Por ello, la velocidad angular comienza a aumentar y la de traslación a disminuir (a partir de aproximadamente 0,3 segundos). Finalmente, en torno a los 0,7 segundos, ambas curvas convergen y se verifica la condición de rodadura expresada por la relación (1).

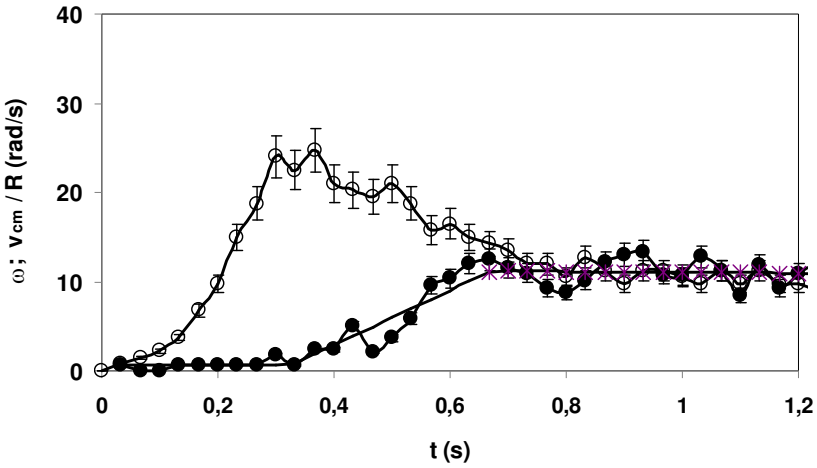


Figura 2 *Gráfico de la velocidad angular ω (puntos cerrados) y del cociente entre la velocidad del centro de masa y el radio (puntos abiertos).*

3.2. Experiencia 2: Rodadura de un carrete con cambio en el radio de giro
En este caso el dispositivo es un carrete construido con dos CD unidos por un cilindro hueco. Los CD están pintados de negro y tienen dos marcas de color verde fluorescente para estudiar el movimiento. Una de las marcas indica la posición del centro de masa y la otra está ubicada en la periferia de uno de los CD.
Este carrete se ha construido para realizar una experiencia que consiste en hacer rodar el dispositivo, primero, mientras apoyando en los CD sobre una mesa horizontal, para luego pasar a apoyarse en el cilindro central sobre una plataforma elevada a una altura que coincide con la parte inferior de dicho cilindro (Figura 3). Este cambio de superficies de rodadura debe darse de modo tal que no haya un choque brusco entre el cilindro central y la plataforma.

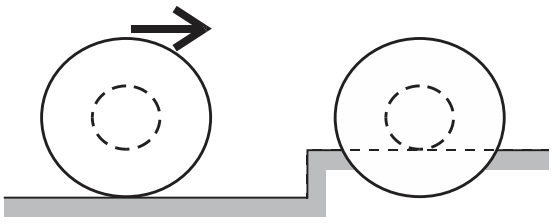


Figura 3 *Carrete que rueda y cambia de superficie de apoyo.*

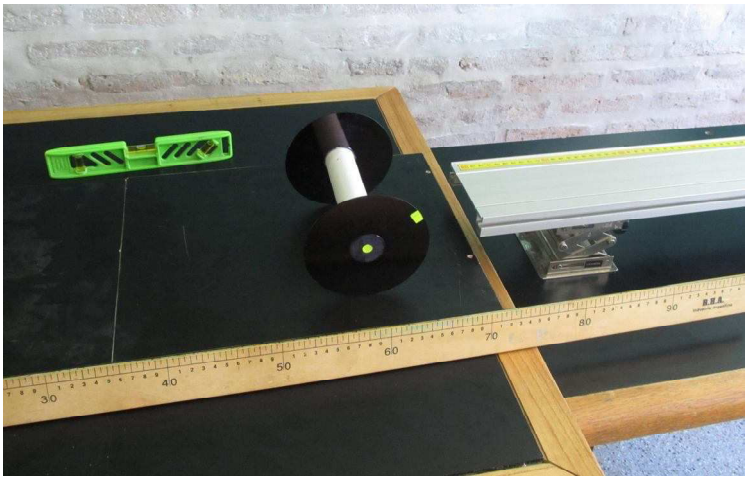


Figura 4 *Dispositivo experimental.*

Es de especial interés el instante de la transición, es decir, cuando ocurre el cambio de superficie de apoyo. Este caso se puede proponer como problema de resolución para predecir el cambio de la velocidad angular y de la del centro de masa, considerando como supuesto que la energía mecánica se conserva. Luego, el experimento puede tomar este resultado como hipótesis de partida y, haciendo el análisis experimental con las técnicas propuestas, se puede abordar la situación a partir de datos empíricos.

La Figura 5 muestra un resultado típico. La foto de larga exposición permite obtener las cicloides descriptas por el punto periférico y la trayectoria rectilínea horizontal del centro de masa. Se distinguen dos partes del movimiento: la primera corresponde a la rodadura con los discos apoyados sobre la superficie plana, y la segunda, a la rodadura sobre el cilindro de menor radio cuando el cuerpo está sobre la plataforma elevada. Es interesante resaltar lo que se puede interpretar cualitativamente de esta fotografía. Por un lado, en la primera parte se evidencia la velocidad nula del eje de rotación instantáneo con respecto a la superficie de apoyo. Ese punto genera una imagen de mayor intensidad por sobre la del resto de los puntos que conforman la cicloide, tal como ocurre con el punto periférico de la experiencia 1. Por otro lado, en la segunda parte del movimiento, la fotografía registra una mayor intensidad del trazo que marca la posición del centro de masa, lo que indica que la velocidad del centro de masa disminuye cuando el radio de giro del cuerpo es menor.

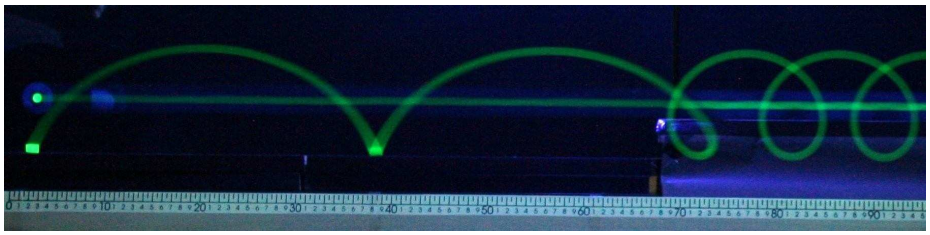


Figura 5 *Fotografía de larga exposición. Trayectorias del centro de masa y de un punto periférico.*

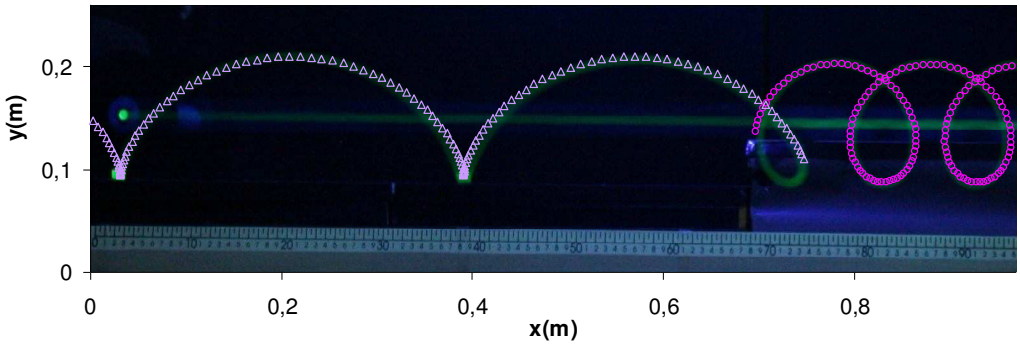


Figura 6 *Ajuste de la trayectoria del punto periférico por medio de cicloides.*

La Figura 6 muestra el ajuste con sendas cicloides de la trayectoria del punto marcado en la periferia. En el primer tramo, la cicloide es común (puesto que el punto pertenece a la circunferencia generatriz), mientras que en el segundo es alargada (punto fuera de la circunferencia generatriz). Cada cicloide está generada por la rotación y traslación del punto de la periferia cuando el cuerpo está apoyado sobre los discos de radio R o cilindro central de menor radio r ($r < R$). Dado que la trayectoria cicloidal es una condición geométrica de la rodadura, se puede concluir que en ambos tramos se verifica un movimiento de este tipo.

Sin embargo, se observa que cuando el cuerpo pasa de rodar apoyado en los discos a rodar apoyado en el cilindro central (cambio de radio de giro de uno mayor R a uno menor r), la trayectoria del punto periférico no se puede ajustar con ninguna de las dos cicloides ni se puede lograr un empalme suave de ellas (Figura 6). La conclusión emergente es que en la transición se pierde momentáneamente la condición de rodadura.

Al respecto, se puede intentar un razonamiento para orientar a los alumnos en la búsqueda de una explicación sobre este hecho inesperado. Por ejemplo, se puede considerar que el hecho observado tiene que ver con la tendencia del movimiento a conservar la cantidad de movimiento del cuerpo. Pero cuando el cuerpo alcanza la plataforma, no puede mantener su velocidad de traslación y simultáneamente iniciar una rotación apoyado en el cilindro central de menor radio. Esto lleva a que el cilindro necesariamente resbale sobre la plataforma hasta que la fuerza de roce cinética provea el torque necesario para la rotación. En el intervalo en que el cuerpo desliza, la fuerza de roce hace trabajo sobre el cuerpo y le disminuye la energía mecánica. Una manera de evaluar la significación de este razonamiento es determinar la velocidad del centro de masa en todo el trayecto usando las técnicas digitales propuestas, y compararla con expectativas teóricas.

Si la energía mecánica se conservara, debería cumplirse:

$$\frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega_1^2 = \frac{1}{2}Mv_2^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega_2^2 \qquad (2)$$

donde los subíndices 1 y 2 se refieren a las dos partes del movimiento; M es la masa total del cuerpo, I_{cm} es el momento de inercia del cuerpo con respecto al eje de rotación que pasa por su centro de masas. En situación de rodadura vale:

$$\omega_1 = \frac{v_1}{R} \qquad \omega_2 = \frac{v_2}{r} \qquad (3)$$

y de la ecuación (2) se deduce que:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{M + I_{cm}/R^2}{M + I_{cm}/r^2}} \tag{4}$$

En el carrete construido: $R = 0{,}060$ m, $r = 0{,}016$ m, $M = 0{,}050$ kg y $I_{cm} = 0{,}000063$ kg·m^2, por tanto se esperaría una relación $v_2 / v_1 = 0{,}47$, es decir una disminución de la velocidad de traslación del 47 %. La Figura 7 muestra la velocidad de traslación del cuerpo cuando se mueve sobre la plataforma (v_2) en función de la velocidad con la que arriba justo antes de que los discos pierdan contacto con la superficie (v_1). Los datos corresponden para una serie de nueve ensayos en los que se ha ido variando la velocidad de ataque del cuerpo antes de pasar a la plataforma elevada. Se observa que la velocidad v_2 sobre la plataforma resulta (36 ±1) % de la que tiene al arribar. Esta disminución de la velocidad del centro de masa excede significativamente lo que predice el resultado de la ecuación (4) si la energía mecánica se conservara, lo que lleva a concluir sobre la presencia y efecto de la fuerza de roce en el movimiento.

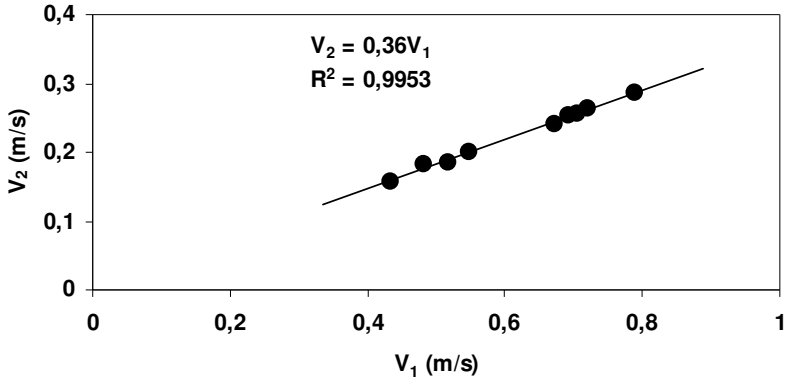


Figura 7 *Velocidad del centro de masa sobre la plataforma (v_2) en relación a la velocidad de llegada v_1.*

La disminución de la velocidad de traslación v_2 y la concomitante disminución de la velocidad angular ω_2 con respecto a los valores esperados implica una reducción de cerca del 50% en la energía mecánica dado el efecto de la fuerza de roce en el intervalo de deslizamiento. En síntesis, el análisis presentado no hace más que enfatizar el rol de la fuerza de roce para definir la transición del movimiento del cuerpo que rueda de una superficie a la otra con cambio en el radio de las circunferencias en la que apoya. Este aspecto solo es tratado someramente en los libros de texto.

4. CONCLUSIONES

Las experiencias presentadas se pueden utilizar para afianzar conceptos que están asociados al movimiento de cuerpos rígidos. En particular, la propuesta puede contribuir a distinguir y analizar movimientos de cuerpos rígidos con deslizamiento o en condición de rodadura y las implicancias cinemáticas y energéticas que se pueden asociar en ambos casos. El conjunto de experimentos aporta nuevas prácticas de laboratorio para abordar experimentalmente la comprensión de conceptos asociados a la dinámica de un cuerpo rígido, usualmente restringidos al ámbito teórico. Es relevante comentar que los resultados permiten analizar los casos tanto desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo. Adicionalmente, el uso de técnicas que recurren a dispositivos digitales suelen motivar a los estudiantes y ello puede contribuir a la comprensión de conceptos de cierta abstracción.

5. REFERENCIAS

[1] Halliday, D.; Resnick, R.; Krane, K. (2002). *Física, Vol. 1*. México. 5ª edición. CECSA. México.
[2] Lea, S.; Burke, J. (1998). *Física. La naturaleza de las cosas, Vol 1*. México. 1ª edición.

Internacional Thomson Editores. México.
[3] Hewitt, P. (2010). "Rolling spool". *The Physics Teacher. Vol.* 48, 9, 566.
[4] Olivieri, N.; Nuñez, P.; Rodríguez, E. (2010) "Rodadura de una esfera sobre un plano inclinado. Mejoras al experimento desarrollado en el plano de Packard". *Lat. Am. J. Phys. Educ*. Vol. 4, Nº 2, Mayo de 2010.
[5] Gil, S.; Reisin, H. D.; Rodríguez, E. E. (2006) "Using a digital camera as a measuring device". *Am. J. Phys.* **74**, 768.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con apoyo del proyecto IDEI-UNGS 30/4045 "Experimentos en contexto para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y la tecnología" del Instituto de Industria (IDEI) de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS).

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

APORTES DEL ANALISIS MATEMÁTICO II A LA MODELIZACION Y ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE BRAZOS ROBÓTICOS

Riccomi, Humberto[1], Pacini, Carina [2], Sacco, Lucía[3], Desperés, Juan Pablo[4]

[1-2-3-4]*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás*
Colón 332 – (2900) San Nicolás – Pcia de Buenos Aires.
Info@frsn.utn.edu.ar

[1]hriccomi@peeirr.com.ar , [2]carinapacini@yahoo.com.ar, [3]lcsacco@gmail.com, [4]juan.desperes@gmail.com

RESUMEN

La cátedra de Análisis Matemático II de la Facultad Regional San Nicolás, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional, implementa estrategias de enseñanza con el propósito de mejorar el proceso de aprendizaje de los alumnos. Una de ellas consiste en plantear el desarrollo de cada contenido a partir de la resolución de problemas específicos de ingeniería.
Se cree firmemente en el reposicionamiento que debe tener la especialidad mecánica dentro de las Ingenierías, para lo cual, desde nuestra visión, debe ésta vincularse a la automatización, lo que implica un mayor bagaje de conocimientos matemáticos. Los movimientos que presentan las distintas máquinas que se encuentran en una fábrica, nos abren distintas posibilidades para el abordaje de la modelización matemática y el correspondiente tratamiento teórico.
Nos hemos propuesto, como docentes, brindarle al alumno de ingeniería mecánica las herramientas necesarias que aporta el Análisis Matemático II para que pueda desarrollar nuevos campos de aplicación del conocimiento, como por ejemplo, en la mecatrónica.
Por tal motivo, en este trabajo, a modo de ejemplo, se presenta la modelización y el estudio de los movimientos de un brazo robótico de tres grados de libertad, a través de la utilización de las fórmulas de Frenet [1] y [2].
Se considera que la herramienta matemática para el abordaje del tema aporta una mirada diferente ya que, generalmente, se utilizan los conceptos de rototraslación complementados con un análisis matricial [3].
Para realizar esta propuesta de enseñanza, se ha confeccionado material didáctico con representaciones y cálculos realizados con varios software. Esta estrategia de trabajo permite iniciar a los alumnos en la investigación de temas de su especialidad, teniendo en cuenta tópicos de otras disciplinas, vinculadas horizontal y verticalmente, que aportan a los mismos, como Ingeniería Mecánica II y Mecánica Racional.

Palabras Claves: Investigación. Resolución de Problemas. Modelización. Curvas en el espacio.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La resolución de problemas

Las funciones más habituales de los ingenieros son el desarrollo, el diseño, la producción, la evaluación y el control. Cada una de estas funciones requiere de procesos de identificación, búsqueda de alternativas, establecimiento de criterios, análisis y resolución de problemas, entre otras competencias.

Referirnos a competencias, en particular a las profesionales, es hablar del conjunto de aptitudes que permiten al ingeniero resolver problemas de distinta complejidad, de manera flexible y autónoma, permitiendo la transferencia del conocimiento adquirido en situaciones nuevas [4].

Se cree firmemente en el reposicionamiento que debe tener la especialidad mecánica dentro de las ingenierías, para lo cual, desde nuestra visión, debe ésta vincularse a la automatización, lo que implica un mayor bagaje de conocimientos matemáticos y una formación en la investigación, siendo éste uno de los requerimientos de la CONEAU para la formación del ingeniero [5].

Cuando se hace referencia a formación en investigación, se centra la atención en investigación como proceso organizado y objetivo, cuyo propósito es responder a un interrogante. Es una actividad sistemática dirigida a obtener nuevos conocimientos que se necesitan para ampliar los diversos campos de la ciencia y la tecnología, mediante observación y experimentación. Se puede definir, también, como la acción y el efecto de realizar actividades intelectuales de modo sistemático, con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia, en este caso de Análisis Matemático.

En el ciclo básico de Ingeniería, el Análisis Matemático cumple funciones fundamentales en dos aspectos. Por un lado, un aspecto cognitivo porque promueve el aprendizaje de conocimientos básicos necesarios para la formación del estudiante y por otro, un aspecto formativo porque genera el desarrollo de actitudes y capacidades para su futuro desempeño profesional.

La cátedra de Análisis Matemático II, de la Facultad Regional San Nicolás dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional, ha iniciado, desde el año 2007, un proceso de implementación de distintas estrategias didácticas con el propósito de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de esta asignatura, y así potenciar las actitudes y capacidades esperadas en el estudiante de ingeniería.

Entre dichas estrategias, se pueden mencionar:

- el diseño e implementación de material didáctico impreso propio que integra teoría y práctica, utilizado como instrumento para el desarrollo de las clases, que incluye problemas como disparadores de los contenidos a ser abordados en cada unidad didáctica;
- la utilización de la plataforma Moodle como recurso tecnológico para la visualización e interpretación de recintos en R^2 y R^3,
- la reformulación de problemas extraídos de bibliografía específica y
- la formulación de problemas propios, que permitan el desarrollo de los conceptos con su correspondiente adecuación a la especialidad Mecánica y al año en que se desarrolla la materia.

Con respecto a estas dos últimas estrategias, se considera que la propuesta y resolución de problemas constituye una línea de investigación y de desarrollo didáctico cuyas implicancias en el aprendizaje de cualquier disciplina son relevantes. Para resolver problemas se requiere conocimientos de Matemática, Física, Química y ciencias específicas de la Ingeniería, y saber cómo éstos deben ser usados para reducir el problema real, a uno de forma tal que el conocimiento científico pueda ser utilizado para solucionarlo.

Para este proceso es necesario que el alumno adquiera la habilidad de modelizar. La modelización matemática supone reconocer las relaciones más notables sobre las que se va a operar, los símbolos que se van a utilizar para representarlas, los elementos en los que es posible afirmarse para aceptar la eficacia del modelo que se está utilizando, las propiedades que permiten justificar los procedimientos utilizados y la reinterpretación de los resultados obtenidos en el problema planteado [6].

Este trabajo, a modo de ejemplo, presenta la modelización y el estudio de los movimientos de un brazo robótico de tres grados de libertad, a través de la utilización de las fórmulas que son trabajadas en la materia. Además, se considera que la herramienta matemática, para el abordaje del tema, aporta una mirada diferente para la resolución del problema.

1.2. Objetivos y propósitos

Se plantean los siguientes objetivos:

- Mostrar los resultados de la primera etapa de investigación llevada a cabo durante el presente año, por alumnos y docentes de la cátedra, en torno a un problema específico de mecánica, utilizando contenidos desarrollados en la asignatura.
- Desarrollar una propuesta de trabajo que permita a los futuros ingenieros:
  - el desarrollo de competencias específicas (precisión y claridad en el lenguaje, creatividad, análisis e interpretación de problemas reales, modelización) y transversales (autonomía en el aprendizaje y habilidades cognitivas) [7].
  - la iniciación en proyectos de investigación de temas de su especialidad, teniendo en cuenta tópicos de otras disciplinas, vinculadas horizontal y verticalmente, que aportan a los mismos, como Ingeniería Mecánica II y Mecánica Racional, entre otras.

Desde el punto de vista de los docentes, la formulación de este problema, y el análisis de la factibilidad de resolución con el aporte de AMII, tiene el propósito, por un lado, de incluir propuestas interesantes en la cátedra que lleve a los alumnos a investigar un tema a fin a su especialidad, y por otro lado, la formación de alumnos investigadores que puedan luego sumarse a grupos de investigación de la Facultad Regional San Nicolás.

2. ESTUDIO DEL PROBLEMA

El problema al que se refiere este trabajo, surge como uno de los problemas propios, formulado y propuesto en la cátedra, para iniciar a los alumnos en la investigación.
El enunciado se presenta durante el desarrollo de la Unidad Didáctica Nº6 *"Límite, continuidad y derivada direccional de funciones de R^n en R^m"* de la planificación de Análisis Matemático II.
Para su resolución se utilizan conceptos desarrollados en la asignatura, como son curvas en el espacio, versores y Triedro de Frenet.
La implementación en el aula, ha permitido abrir otras líneas de investigación sumamente interesantes, más allá de lo planteado en un principio por la cátedra. Es así que, a partir de los resultados obtenidos, por alumnos y docentes, se inicia otra etapa de investigación, también en forma conjunta, en la que se compara y analiza la solución obtenida, con la explicitada en bibliografía específica.
Para la interpretación, estudio y resolución del problema se utilizan dos software como recursos tecnológicos. Por un lado, Maxima como sistema computacional de cálculo simbólico, el cual permite la manipulación de expresiones algebraicas complejas y la realización de las operaciones de cálculo. Y por otro, Autocad, con el cual se diseña el brazo del robot y se construyen figuras para el análisis de su geometría.
A continuación se presenta, en primer lugar su resolución utilizando el marco teórico de curvas en el espacio definido en la asignatura, y en segundo lugar, la comparación del resultado obtenido con otros dos caminos de resolución hasta el presente realizados, uno utilizando conceptos de trigonometría y otro, a través del uso de conceptos de rototraslación.

2.1. Enunciado:

Dado el siguiente brazo robótico (Figura 1), encontrar las ecuaciones que describen el movimiento del punto P con respecto al origen de coordenadas O del sistema básico de referencia (versores i, j y k).
Sugerencias para la resolución del problema:

a) Escriba las ecuaciones del movimiento del punto O_1 (origen de coordenadas del sistema de versores ortonormales $\overline{T}_1$, $\overline{N}_1$ y $\overline{B}_1$) en función de R (constante), h (constante) y θ_1 (variable).
b) Calcular $\overline{T}_1$, $\overline{N}_1$ y $\overline{B}_1$
c) Escriba las ecuaciones del movimiento del punto O_2 (origen de coordenadas del sistema de versores ortonormales $\overline{T}_2$, $\overline{N}_2$ y $\overline{B}_2$) en función de R_1 (constante) y θ_2 (variable), utilizando como sistema de referencia a los versores $\overline{T}_1$, $\overline{N}_1$ y $\overline{B}_1$
d) Calcular $\overline{T}_2$, $\overline{N}_2$ y $\overline{B}_2$

e) Escriba las ecuaciones del movimiento del punto P en función de R_2 (constante) y θ_3 (variable), utilizando como sistema de referencia a los versores $\overline{T}_2$, $\overline{N}_2$ y $\overline{B}_2$
f) Resolver lo pedido en el enunciado.

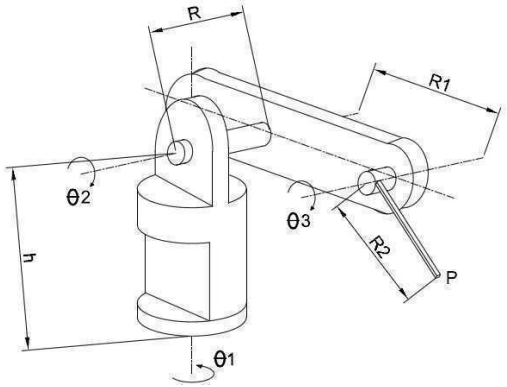


Figura 1: *Brazo robótico de tres grados de libertad*

2.2. Descripción del brazo robótico

"Un robot es cualquier estructura mecánica que opera con un cierto grado de autonomía, bajo el control de un computador, para la realización de una tarea, y que dispone de un sistema sensorial más o menos evolucionado para obtener información de su entorno" [8].

El estudio del problema, a partir de elementos de la robótica, lleva a investigar conceptos referidos a la cinemática del mismo, la cual estudia el movimiento del brazo con respecto a un sistema de referencia, conociendo el número de articulaciones y los parámetros geométricos que lo describen [9, 10].

El brazo del robot en estudio, mecánicamente está formado por tres elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento entre cada dos eslabones consecutivos. El movimiento posible para las articulaciones es el de giro (articulaciones de rotación o de revolución).

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación, con respecto a la anterior, se denomina grados de libertad.

El problema más básico a resolver es obtener un modelo de la estructura mecánica que permita relacionar los tres grados de libertad con las coordenadas de todos y cada uno de los puntos que constituyen el robot.

Este trabajo se posiciona en utilizar herramientas matemáticas básicas de Análisis Matemático II, diferentes a las que se utilizan en robótica para resolver este tipo de problemas, las cuales permiten describir el movimiento del punto P con respecto al origen de coordenadas O del sistema básico de referencia (versores i, j y k).

Se adopto para el estudio, dentro de la gran variedad de robots que existen para las distintas aplicaciones, un robot Puma 560, acotando el problema a 3 grados de libertad e introduciendo algunas modificaciones respecto a la separación de los elementos en movimiento.

2.3. Resolución del problema desde Análisis Matemático II

2.3.1 Aportes de Análisis Matemático II

A continuación se presenta brevemente, los conceptos de curvas en el espacio utilizados en la resolución del problema. Los mismos se incluyen en una propuesta de trabajo en clase, que integra teoría y práctica.

Curva paramétrica: la terna $C = ([a,b], \bar{r}(t), I(\bar{r}))$ donde $[a,b]$ intervalo paramétrico (dominio), $\bar{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$ parametrización de la curva e $I(\bar{r})$ soporte (conjunto imagen).

Curva regular: curva dada por $\bar{r}(t)$ en un intervalo I se llama suave o regular si $\bar{r}'(t)$ es continua en I y $\bar{r}'(t) \neq \bar{0}$. En ese caso, sus puntos son regulares. Un arco de curva es seccionalmente regular si no es regular a lo sumo en un número finito de puntos.

Versor Tangente a una curva:

Se define el *Versor Tangente* a la curva en $\bar{r}_0$, a $\overline{T}(t_0) = \dfrac{\bar{r}'(t_0)}{|\bar{r}'(t_0)|}$

Versor Normal a una curva:

Se define el *Versor Normal* a la curva en $\bar{r}_0$, a $\overline{N}(t_0) = \dfrac{\overline{T}'(t_0)}{|\overline{T}'(t_0)|}$

Versor Binormal a una curva:

Se define el *Vector Binormal* a la curva en $\bar{r}_0$, a $\overline{B}(t_0) = \overline{T}(t_0) \wedge \overline{N}(t_0)$

Triedro de Frenet: los tres versores $\overline{T}$, $\overline{N}$ y $\overline{B}$ forman el llamado triedro principal o triedro de Frenet.

Los planos que determinan son el plano *osculador,* formado por $\overline{T}$ y $\overline{N}$, el plano *normal* formado por $\overline{N}$ y $\overline{B}$ y el plano *rectificante* formado por $\overline{T}$ y $\overline{B}$.

Cada uno de los versores determina una recta, la cual lleva el mismo nombre del versor que la direcciona.

2.3.2 Propuesta de resolución con curvas en el espacio

Para la resolución del problema se propone, como bien lo indica el enunciado, el estudio del movimiento de tres puntos O_1, O_2 y P, definiendo variables y constantes con las cuales se trabaja (Figura 2):

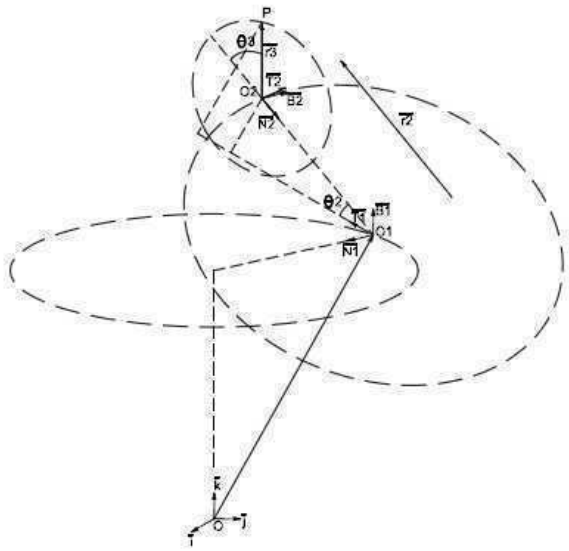


Figura 2: *Sistemas de coordenadas en los puntos O, O_1, O_2 y P*

- Movimiento del punto O_1 (origen de coordenadas del sistema de versores ortonormales $\overline{T}_1$, $\overline{N}_1$ y $\overline{B}_1$), la variable generalizada θ_1 (ángulo de giro con respecto al versor $\vec{i}$) y R (longitud del eslabón) y h (altura) constantes.
- Movimiento del punto O_2 (origen de coordenadas del sistema de versores ortonormales $\overline{T}_2$, $\overline{N}_2$ y $\overline{B}_2$), la variable generalizada θ_2 (ángulo de giro con respecto al versor $\overline{T}_1$) y R_1 (longitud del eslabón) constante.

- Movimiento del punto P (efecto final del movimiento del brazo robótico), la variable generalizada θ_3 (ángulo de giro con respecto al versor $-\overline{N}_2$) y R_2 (longitud del eslabón) constante.

Una vez definidas las variables del problema se inicia la resolución de los ítems a) a e), utilizando lápiz y papel, como también, los software seleccionados.

A continuación se muestran las ecuaciones de movimiento de los puntos O_1, O_2 y P, utilizando únicamente los conceptos de Análisis Matemático II antes mencionados y el software Maxima.

Movimiento del punto O_1 :

Este punto gira un ángulo θ_1, a una altura h y a una distancia R, alrededor del eje z, como muestra la Figura 3.

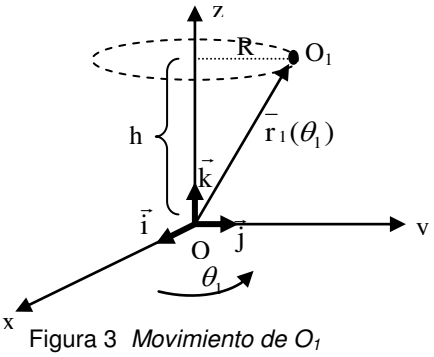


Figura 3 *Movimiento de O_1*

Las ecuaciones de movimiento del punto O_1, con respecto al origen de coordenadas O, sistema básico de referencia (versores i, j y k), son sencillas de obtener pudiendo expresarlas a través de la parametrización, según ecuación (1):

$$\overline{r}_1 = R\cdot\cos\theta_1\,\vec{i} + R\cdot\operatorname{sen}\theta_1\,\vec{j} + h\vec{k} \qquad (1)$$

A partir de ella se obtienen los valores de los tres versores ortonormales $\overline{T}_1$, $\overline{N}_1$ y $\overline{B}_1$, según ecuaciones (2, 3 y 4), que permiten obtener la ecuación de movimiento del punto O_2 con respecto al sistema determinado por dichos versores:

$$\overline{T}_1 = -\operatorname{sen}\theta_1\,\vec{i} + \cos\theta_1\,\vec{j} \qquad (2)$$

$$\overline{N}_1 = -\cos\theta_1\,\vec{i} - \operatorname{sen}\theta_1\,\vec{j} \qquad (3)$$

$$\overline{B}_1 = \vec{k} \qquad (4)$$

Movimiento del punto O_2 :

Este punto gira un ángulo θ_2, a distancia R_1 de O_1, como muestra la Figura 4, vista desde la dirección de $\overline{N}_1$.

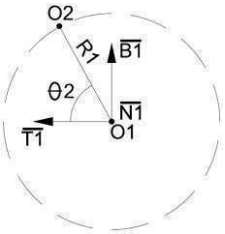


Figura 4 *Movimiento de O_2*

La ecuación (5) describe el movimiento de O_2 con respecto al origen de coordenadas del sistema de versores ortonormales $\overline{T}_1$, $\overline{N}_1$ y $\overline{B}_1$:

$$\bar{r}_2 = R_1 \cdot \cos\theta_2 \, \vec{T}_1 + R_1 \cdot \operatorname{sen}\theta_2 \, \overline{B}_1 \tag{5}$$

Reemplazando $\overline{T}_1$ y $\overline{B}_1$ en (5), resulta:

$$\bar{r}_2 = -R_1 \cdot \cos\theta_2 . \operatorname{sen}\theta_1 \, \vec{i} + R_1 \cdot \cos\theta_2 . \cos\theta_1 \, \vec{j} + R_1 \cdot \operatorname{sen}\theta_2 \vec{k} \tag{6}$$

De igual forma, a partir de la ecuación (5) se obtiene:

$$\overline{T}_2 = -\operatorname{sen}\theta_2 \overline{T}_1 + \cos\theta_2 \, \overline{B}_1 \tag{7}$$

$$\overline{N}_2 = -\cos\theta_2 \overline{T}_1 - \operatorname{sen}\theta_2 \, \overline{B}_1 \tag{8}$$

$$\overline{B}_2 = -\overline{N}_1 \tag{9}$$

Movimiento del punto P:

Este punto gira un ángulo θ_3, a distancia R_2 de O_2, como muestra la Figura 5, vista desde la dirección de $\overline{B}_2$.

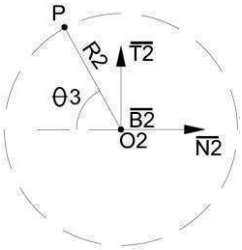


Figura 5 *Movimiento de P*

La ecuación (10) describe el movimiento de P con respecto al origen O_2:

$$\bar{r}_3 = -R_2 \cdot \cos\theta_3 \, \overline{N}_2 + R_2 \cdot \operatorname{sen}\theta_3 \, \overline{T}_2 \tag{10}$$

Si reemplazamos (2), (4), (7) y (8) en (10), resulta:

$$\bar{r}_3 = -R_2 \cdot \operatorname{sen}\theta_1 . \cos(\theta_2 + \theta_3) . \vec{i} + R_2 \cdot \cos\theta_1 . \cos(\theta_2 + \theta_3) \, \vec{j} + R_2 \cdot \operatorname{sen}(\theta_2 + \theta_3) \vec{k} \tag{11}$$

Por último, las ecuaciones que describen el movimiento del punto P (efecto final del movimiento del brazo robótico), con respecto al origen de coordenadas O del sistema básico de referencia (versores i, j y k), se realiza la suma vectorial de las ecuaciones (1), (6) y (11), obteniendo la ecuación (12):

$$\bar{r} = [R\cdot\cos\theta_1 - R_1\cdot\cos\theta_2.\operatorname{sen}\theta_1 - R_2\cdot\operatorname{sen}\theta_1.\cos(\theta_2+\theta_3)]\,\vec{i} + [R\cdot\operatorname{sen}\theta_1 + R_1\cdot\cos\theta_2.\cos\theta_1 + R_2\cdot\cos\theta_1.\cos(\theta_2+\theta_3)]\,\vec{j} + [h + R_1\cdot\operatorname{sen}\theta_2 + R_2\cdot\operatorname{sen}(\theta_2+\theta_3)]\,\vec{k} \quad (12)$$

Con dicha expresión queda resuelto el problema, utilizando los aportes de Análisis Matemático II.

2.4 Resolución del problema de otras formas

El objetivo de esta parte del trabajo, es mostrar, a los alumnos, que en su vida profesional el ingeniero puede encontrarse con problemas que no tienen una única forma de resolución, más aún, que se pueden presentar distintas alternativas de solución. Por otra parte, no existirá la figura del profesor para corregir lo que está mal sino que tendrán que ser sus propios evaluadores. Por ello se busca comparar este resultado con otras alternativas de resolución.

2.4.1 Resultados obtenidos utilizando elementos de trigonometría

Observando la Figura 2 y representando una vista superior, desde el eje z, se obtiene la Figura 6. De ella puede observarse que la componente en la dirección del versor $\vec{i}$, al aplicar relaciones trigonométricas elementales, se obtiene la ecuación (13):

$$R\cdot\cos\theta_1 - R_1\cdot\cos\theta_2.\operatorname{sen}\theta_1 - R_2\cdot\operatorname{sen}\theta_1.\cos(\theta_2+\theta_3) \quad (13)$$

De igual forma, la componente en la dirección del versor $\vec{j}$ resulta la ecuación (14):

$$R\cdot\operatorname{sen}\theta_1 + R_1\cdot\cos\theta_2.\cos\theta_1 + R_2\cdot\cos\theta_1.\cos(\theta_2+\theta_3) \quad (14)$$

Ambas ecuaciones (13) y (14) coinciden con las componentes indicadas en la expresión (12).

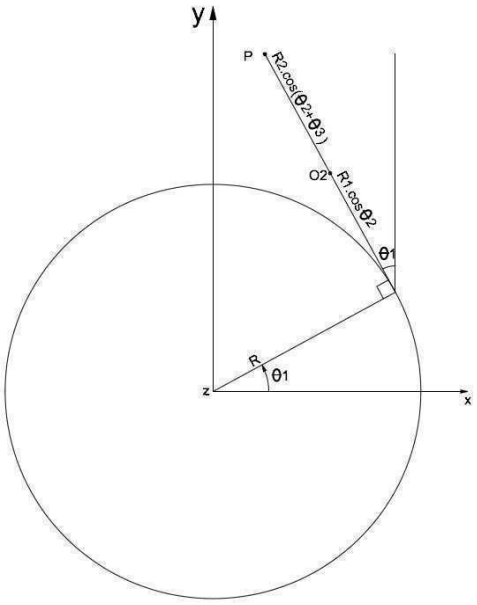


Figura 6 *Vista superior del dispositivo*

Para la verificación de la componente según el versor $\vec{k}$, basta mirar la Figura 2, para ver que se puede escribir como la ecuación (15):

$$h + R_1\cdot\operatorname{sen}\theta_2 + R_2\cdot\operatorname{sen}(\theta_2+\theta_3) \quad (15)$$

Con lo que comprobamos el resultado obtenido empleando curvas en el espacio por otro método.

2.4.2 Resultados obtenidos utilizando el algoritmo de Denavit - Hartenberg

Otro enfoque para resolver este problema, sería la utilización del algoritmo de Denavit y Hartenberg, quienes propusieron un método matricial para describir y representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática, y en particular de un robot, con respecto a un sistema de referencia fijo [8 -10].

La representación de Denavit-Hartenberg (D-H) establece que es necesario seleccionar adecuadamente los sistemas de coordenadas asociados a cada articulación para pasar de uno al siguiente. En nuestro caso ello se realizaría mediante 4 transformaciones básicas que dependen de las características geométricas de la articulación.

Estas transformaciones que permiten relacionar el sistema de referencia del elemento i con respecto al sistema del elemento $\mathrm{i}-1$ son una rotación alrededor del eje $\mathrm{z}_{\mathrm{i}-1}$ un ángulo θ_{i}, una traslación a lo largo de $\mathrm{z}_{\mathrm{i}-1}$ una distancia d_{i}, una traslación a lo largo de x_{i} una distancia a_{i} y rotación alrededor del eje x_{i} un ángulo α_{i}.

Resultando la ecuación (16) como la matriz D-H de transformación homogénea para cada articulación:

$$\mathrm{A}_{\mathrm{i}-1}^{\mathrm{i}} = \mathrm{T}(\mathrm{z},\theta_{\mathrm{i}})\mathrm{T}(0,0,\mathrm{d}_{\mathrm{i}})\mathrm{T}(\mathrm{a}_{\mathrm{i}},0,0)\mathrm{T}(\mathrm{x},\alpha_{\mathrm{i}}) \tag{16}$$

Por último, la ecuación (17) corresponde a la matriz de transformación que relaciona el sistema coordenado de la base con el sistema coordenado del extremo del robot:

$$\mathrm{T} = \mathrm{A}_{0}^{\mathrm{n}} = \prod_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{A}_{\mathrm{i}-1}^{\mathrm{i}} \tag{17}$$

Para la aplicación de este algoritmo, se plantea la Figura 7 para la obtención de los parámetros D-H, de acuerdo a los pasos propuestos para la obtención de las distintas matrices que relaciona los distintos puntos de articulación.

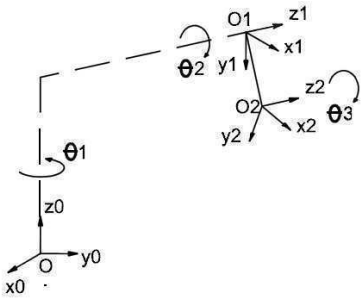


Figura 7 *Posición de ejes en cada enlace*

Por tratarse de un algoritmo se propuso, en un primer momento, verificar el movimiento del punto O_2, para ello se construyo la Tabla 1 que muestra los parámetros D-H:

Tabla 1 *Parámetros de Denavit y Hartenberg del brazo en O_1 y en O_2*

Articulación/ parámetro	**1**	**2**
α_{i}	90º	0º
a_{i}	R	R_1
θ_{i}	θ_1	θ_2
d_{i}	h	0

Con estos parámetros se construyen las matrices de transformación homogéneas para las articulaciones 1 y 2, obteniendo la matriz (18) de transformación que relaciona el sistema coordenado de la base con el sistema coordenado ubicado en O_2

$$T = A_0^2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_1\cos\theta_2 & -\cos\theta_1\sin\theta_2 & \sin\theta_1 & \cos\theta_1\cos\theta_2\, R_1 + \cos\theta_1\, R \\ \sin\theta_1\cos\theta_2 & -\sin\theta_1\sin\theta_2 & -\cos\theta_1 & \sin\theta_1\cos\theta_2\, R_1 + \sin\theta_1\, R \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & \sin\theta_2\, R_1 + h \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

Donde los tres elementos a_{14}, a_{24} y a_{34} de la matriz obtenida deberían darnos el valor de la posición de O_2 con respecto a O. Se observa que este no coincide con los cálculos obtenidos anteriormente, lo que hace suponer que existen diferencias en los valores de los giros considerados en cada articulación. Esta cuestión, resulta un motivo de futuras investigaciones.

3. PROPUESTA DE TRABAJO

En el ámbito de la enseñanza es muy frecuente la resolución de ejercicios repetitivos, que si bien su resolución es importante en el aspecto formativo para consolidar habilidades instrumentales básicas, no debe confundirse esto con la resolución de problemas, que implica el uso de estrategias, la toma de decisiones sobre el proceso de solución que debe seguirse, etc. Es posible interpretar que la realización de ejercicios se basa en el uso de destrezas o técnicas aprendidas, es decir, convertidas en rutinas automatizadas como consecuencia de una práctica continuada. Lo grave es que la enseñanza quede sólo en la resolución de estos ejercicios y que la evaluación también.

La cátedra de Análisis Matemático II considera que una propuesta de trabajo en torno a problemas, como el que se presenta en este trabajo, permite a los estudiantes, futuros ingenieros, el desarrollo de competencias específicas en cuanto a la resolución de problemas, tarea concreta de su rol profesional.

Se considera que una de las formas más completas para promover en los alumnos esta capacidad es el *Trabajo por Proyectos*[1].

Esta es una metodología de fundamental importancia porque el alumno aprende haciendo, se involucra y se compromete. Cuando se habla de proyecto se hace referencia a la sistematización de actividades y recursos que deben realizarse a fin de producir ya sea bienes o servicios, capaces de satisfacer necesidades o bien de resolver problemas [11].

El trabajar con proyectos puede cambiar las relaciones entre los docentes y los estudiantes, reducir la competencia entre los alumnos y promover el trabajo colaborativo entre ellos. Además, los proyectos pueden cambiar el enfoque del aprendizaje ya que los puede llevar de la simple memorización de hechos a la exploración de ideas.

Una propuesta de este tipo permite el desarrollo de las siguientes competencias en los alumnos:

Desde el punto de vista de la ingeniería:

- adquirir la habilidad para analizar una situación problemática real, modelizarla y hallar posibles soluciones,
- estimular el hábito de utilización de todas las fuentes de información y el análisis comparativo de sus contenidos, a fin de forjar en él un espíritu crítico, una manera de pensar independiente y desarrollar su capacidad de análisis e impulsar su creatividad.
- generar la capacidad de actuar en forma interdisciplinaria, para la ejecución de tareas, imprescindible en la actividad profesional de hoy.

Desde el punto de vista de la comunicación oral:

- el uso adecuado del léxico profesional.

[1] Riccomi – Schivo – Pacini – Sacco (2009): "Trabajo por proyectos en Análisis Matemático II" presentado en el "III Congreso Internacional de Educación: Construcciones y perspectivas. Miradas desde y hacia América Latina".

Desde el punto de vista de la comunicación escrita:

- adquirir la competencia de elaborar un informe adecuado a las necesidades de la oportunidad.

Existen algunas características que facilitan el manejo del método de proyectos [12]:

1. Un planteamiento que se basa en un problema real y que involucra distintas áreas.
2. Oportunidades para que los estudiantes realicen investigaciones que les permitan aprender nuevos conceptos, aplicar la información y representar su conocimiento de diversas formas.
3. Colaboración entre los estudiantes, docentes y otras personas involucradas con el fin de que el conocimiento sea compartido y distribuido entre los miembros de la "comunidad de aprendizaje".
4. El uso de herramientas cognitivas y ambientes de aprendizaje que motiven al estudiante a representar sus ideas. Estas herramientas pueden ser: laboratorios computacionales, hipermedios, aplicaciones gráficas y telecomunicaciones.

Es importante destacar que los pasos de este método coinciden con las etapas del trabajo profesional del ingeniero, planteo del problema, justificación del proyecto que se llevará a cabo y conceptos esenciales que lo sustentan, formulación de hipótesis de trabajo, experimentación, desarrollo de partes y condiciones para la ejecución.

3.1 Organización de la propuesta

De acuerdo a la cantidad de alumnos interesados en la propuesta, y también a la cantidad de problemas básicos posibles, se divide el curso en equipos de investigación y trabajo, de no más de tres integrantes cada uno.

- Se propone a cada equipo un problema básico.
- Se establece un cronograma de actividades, de consultas y presentación de "avances" del proyecto, que no es absolutamente rígido sino que se flexibiliza en función de la diversidad que presentan los diferentes equipos de estudiantes.

Actividades del docente/s: La función de los docentes de la cátedra es inducir a los alumnos a definir y resolver los problemas que se le van presentando, y guiarlos hacia las posibles fuentes de información. Además, evaluar en forma continua las propuestas de los grupos de trabajo.

Actividades de los alumnos: La tarea de los alumnos es la confección del Proyecto, que comprende una serie de pasos detallados, donde ellos asumen el rol de un profesional y defensa del mismo ante el tribunal evaluador.

Material didáctico: Como material didáctico cuentan con amplia bibliografía sugerida desde la cátedra, que actúa como guía para el desarrollo de las tareas.

3.2 Evaluación de la propuesta

La evaluación de los avances de la investigación, iniciada en torno al estudio del movimiento del brazo de un robot, utilizando la metodología de trabajo por proyectos en la cátedra de Análisis Matemático II, asume las siguientes características:

- Cualitativa, puesto que el objeto de estudio, el estudio del problema a través de la implementación del método de proyectos, ha sido tenido en cuenta desde el punto de vista de su diseño.
- Exploratoria, en tanto se pretende recoger y analizar información que sirva para diseñar y orientar futuras propuestas de investigación en torno a problemas específicos.
- Descriptiva, generando informes narrativos y material didáctico a partir de la investigación de campo realizada.

Se considera que la propuesta ha producido gran motivación y resulta un disparador para que los alumnos comiencen a investigar.

3.3 Continuidad de la propuesta

Se resalta que el inicio de esta propuesta de trabajo en la cátedra ha comenzado el presente año y los resultados presentados son los que hasta el momento se han obtenido.

Durante el segundo cuatrimestre se considera realizar un segundo relevamiento de nuevos avances.

El interés y entusiasmo que ha producido el estudio de este problema, ya sea por parte de los alumnos como de los miembros de la cátedra, ha llevado a éstos últimos, pensar en futuras investigaciones y en el planteo de nuevos brazos robóticos.

4. CONCLUSIONES

Es posible analizar el valor agregado de este tipo de trabajo en una asignatura como es Análisis Matemático II de segundo año del ciclo básico, y descubrir, implícitamente, su implicancia en la Ingeniería.

Por un lado, al incentivar a los alumnos a llevar a cabo trabajos de investigación respecto a temas de interés para su formación profesional, lo que lleve a adquirir la habilidad para tomar decisiones acertadas en el momento oportuno, con una postura de reflexión permanente ante cambios posibles de la realidad que lo rodea, a transferir conocimiento a situaciones nuevas y a construir una postura que integre los aspectos cognitivos, las habilidades y el pensamiento crítico necesario para investigar la realidad.

Por otro lado a los docentes, reflexionar en cuanto al proceso educativo, a las estrategia de enseñanza y actividades de aprendizaje, las cuales estén direccionadas a desarrollar

competencias profesionales y lograr un conjunto de aptitudes que permitan, a cada uno de los estudiantes, resolver situaciones problemáticas de interés a la especialidad, en diversos contextos, de manera independiente y flexible.

5. REFERENCIAS

[1] Stewart, J. (2006). *"Cálculo – Conceptos y contextos".* Tercera edición. Editorial Thomson. Capítulo 10. México.

[2] Muller San Cruz, H. C. (2002). *"Análisis vectorial y Tensorial".* Departamento de Matemáticas, UMSS. Texto guía para las materias de Análisis de Vectorial y Tensorial de la UMSS. Primera edición. Bolivia.

[3] Barrientos, A. (2008). *"Fundamentos de Robótica".* México. Mc Graw Hill.

[4] Programa de Mejoramiento de la Enseñanza de la Ingeniería (2007). PROMEI. Documentos de trabajo.

[5] Resolución ME 1232/01ANEXO IV. CONEAU.

[6] Chevallard, Y, Gascón, J. y Bosch, M. (1997). "*Estudiar Matemática*". Barcelona: Horsori.

[7] Pacini, C., Riccomi, H., Sacco, L., Schivo, M. E. (2008). "*Acortando distancias entre la Matemática y la Ingeniería. Una propuesta didáctica diferente".* VI CAEDI. "Formando al Ingeniero del Siglo XXI".

[8] Acosta Sanchez, Sigut Saavedra. (2005). Curso Interuniversitario "Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas". Universidad de La Laguna. España.

[9] Ottaviano E., Husty M., Ceccarelli M. (2004). A Cartesian Representation for the BoundaryWorkspace of 3R Manipulators, On Advances in Robot Kinematics, Sestri Levante, Kluwer, Dordrecht, pp. 247-254, 2004.

[10] Ollero Baturone, A. (2001). *Robótica: Manipuladores y robots móviles*. Marcombo. España.

[11] UTN Rectorado – Secretaría Académica, Mayo 1997. Materias Integradoras. Observaciones y recomendaciones para 1997.

[12] Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. Educational Psychologist, 26 (3 & 4).

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al profesor Jorge Mansur por su constante apoyo y confianza y por las enseñanzas brindadas a los miembros de la cátedra de Análisis Matemático II de la Facultad Regional San Nicolás.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Empleo de un Objeto de Aprendizaje en la graficación de instalaciones industriales

Gutiérrez, Silvana E. *, Sagula, Amalia R.

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur.
Alem 1253. Bahía Blanca. sgutie@criba.edu.ar.

RESUMEN.

En el presente trabajo se expone una nueva estrategia en la enseñanza de la expresión gráfica en las carreras de Ingeniería, a través del empleo de un Objeto de Aprendizaje (OA) audiovisual con contén-do informativo.
Se utilizó un OA elaborado bajo un Modelo de Diseño Instruccional y orientado al apoyo del aprendizaje específico del tema: Simbología aplicada a la graficación de Instalaciones Industriales.
Para su diseño se tuvieron en cuenta criterios que se basan en el Modelo de Diseño Instruccional presentado por Smith & Ragan (2005), considerando la organización del contenido, los aspectos motivacionales, la interactividad, la independencia de otros objetos de aprendizaje o autocontenido y la reutilización en otros contextos distintos para el que fue creado. El proceso de elaboración del OA se dividió en cuatro fases: preproducción, diseño, producción e integración.
Se realizó una experiencia didáctica piloto, que consistió en la ejecución de un cuasi experimento integrando el material audiovisual, un tutorial, ejercicios y apuntes. Se trabajó con un grupo ya formado antes de la experiencia, un curso completo de alumnos de la cátedra de Sistemas de Representación del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur, como el que se forma todos los años.
A través del empleo de estos recursos tecnológicos, fue posible evidenciar una mejora en el proceso de comunicación didáctica, un cambio en la función pedagógica del profesor y un mayor interés y motivación por parte del alumnado ante estos materiales como elementos transmisores de información.

Palabras Claves: aprendizaje, gráfica, recurso, audiovisual, objeto.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2005 las autoras de este trabajo vienen desarrollando tareas de elaboración de variado material didáctico de apoyo para la representación gráfica, en el marco de un Proyecto General de Investigación del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur (UNS). Realizaron experiencias didácticas innovadoras del uso de material organizado en bases de datos y de desarrollo de material audiovisual, cuyos resultados dieron cuenta del beneficio de su implementación, publicados en [1, 2, 3 y 4]. A través de estas experiencias fue posible evaluar el aprendizaje concreto, evidenciándose mejoras en la motivación y en la actitud hacia el aprendizaje de los alumnos.

Continuando en este trabajo de búsqueda de experiencias innovadoras en el uso de nuevas tecnologías desde una perspectiva como instrumento de apoyo a los procesos cognitivos del estudiante, se elabora una nueva estrategia con el empleo de un Objeto de Aprendizaje integrado a otros recursos, como un tutorial, ejercitaciones y apuntes.

En el presente trabajo se describen los recursos elaborados durante el año 2011 como material de asistencia de una experiencia didáctica, para ser empleados durante el dictado del tema Simbología para Representaciones en Ingeniería, correspondiente al programa vigente de la materia Sistemas de Representación.

Se realizó una prueba piloto, donde se trabajó en forma presencial con un curso completo de alumnos de la cátedra de Sistemas de Representación de primer año de Ingeniería. Esta prueba se empleó para evaluar la posibilidad de una futura implementación de estos recursos en la plataforma virtual de la UNS.

2.DESARROLLO

Inicialmente se realizó el proceso de elaboración del material didáctico. El Objeto de Aprendizaje (OA) re-quirió de cuatro etapas: preproducción, diseño, producción e integración. En la última de ellas, se integró el material audiovisual con la ejercitación, el tutorial y los apuntesl. A continuación se organizó y se formalizó la experiencia didáctica. Todo este proceso se describe en detalle a continuación.

2.1. Elaboración del Objeto de Aprendizaje.

El proceso de elaboración del Objeto de Aprendizaje se basó en el Modelo de Diseño Instruccional presentado por Smith & Ragan (2005) [5]; para el que deben tenerse en cuenta dos elementos fundamentales que resultan determinantes: el contenido y la audiencia. Se trató de dar al material de aprendizaje una estructura secuencial, seleccionando los medios idóneos para presentar su contenido y considerando la organización de los estudiantes, en este caso, alumnos del primer año de la carrera de Ingeniería mecánica.

2.1.1 Fase 1: Preproducción.

a) Objetivos

En esta primera parte, se estableció como necesidad de aprendizaje, una vez finalizada su interacción con el OA, que el alumno alcanzara los conocimientos y habilidades para poder graficar una instalación industrial de mediana complejidad.

b) Recopilación de información

Durante esta etapa se compiló todo el material didáctico necesario para la elaboración del OA. Entre ellos, libros, las normas IRAM ”4563-Parte I Representación simplificada de cañerías y tuberías. Proyección ortogonal”, “4563-Parte II Representación simplificada de cañerías y tuberías. Proyección axonométrica, isométrica”, “2503 Parte I-Accesorios para cañerías y tuberías. Símbolos para emplear en planos industriales”, y “ 2510 -Parte I-Válvulas para la conducción de fluidos”, imágenes fijas (la mayor parte de ellas tomadas dentro del ámbito de la UNS, en el Laboratorio de Hidráulica M. Muradás (Figura 1), materiales sonoros, materiales de Internet, etc.

Figura 1. *Material fotográfico.*

c) Digitalización
Se procedió a digitalizar todo el material útil para la confección del OA, empleando hardware y software apropiado para esta tarea.

2.1.2 Fase 2: Diseño.

a) Organización del contenido
En esta etapa, clave para la toma de decisiones creativas que serían determinantes en la calidad final del OA, se procedió a diseñar el material audiovisual, considerando una estrategia de organización del contenido que centrara la atención del alumno. Para ello, se integraron elementos sonoros y visuales en movimiento y la creatividad e imaginación para darle forma. A fin de permitir percibir en forma selectiva la nueva información, establecer relaciones entre el nuevo conocimiento y los previos, para almacenarlo en la memoria a largo plazo, añadiéndolo al que ya se poseía o modificándolo.
Se estructuró un esquema general del OA teniendo en cuenta fundamentalmente el objetivo, los contenidos informativos, las actividades de aprendizaje y de evaluación a implementar.
Se elaboró un plan temporal del proyecto, diagramando la secuencia, ordenación y encadenamiento cronológico de las distintas actividades que demandaría la elaboración y se realizó el guión del material audio-visual.
b) Actividades de aprendizaje
Acorde a las actividades que se le plantearían a los alumnos, se tuvo en cuenta el grado de profundidad y complejidad con el cual abordar el tema.
Como parte de las actividades de aprendizaje, en el material audiovisual se mostraron fotos de distintos elementos de una instalación industrial y la correspondiente simplificación a través de su simbología.
En la Figura 2 se observa un elemento mostrado en el material audiovisual, consistente en la fotografía de una válvula esclusa y su representación simbólica en vista anterior y en proyección isométrica.

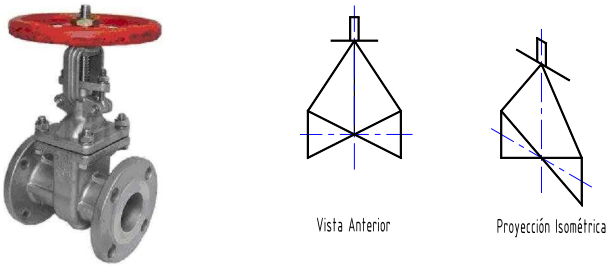


Figura 2. *Válvula esclusa: foto y simbología.*

c) Evaluación del aprendizaje
Para validar el aprendizaje, asegurando el logro de los objetivos fijados inicialmente, se implementaron actividades evaluativas consistentes en la resolución de ejercicios, mediante su graficación con el programa Autocad.

2.1.3 Fase 3: Producción.

En esta fase se realizó la producción del material, en ella se puso en práctica todo lo planificado en la anterior.

Para el caso del material audiovisual, se llevó a cabo la selección, el ordenamiento y la composición de imágenes y sonido mediante diversas herramientas computacionales.
Se organizaron en forma secuencial tanto las actividades de aprendizaje como las de evaluación, componiéndolas con el resto de los distintos elementos del OA.

2.1.4 Fase 4: Integración.

El material elaborado que integra el Objeto de aprendizaje está compuesto por:
a) Un video educativo-documental.
Este video es de carácter informativo, cuya función es proporcionar información sobre la temática tratada; su contenido es propio de un curriculum universitario, adaptado en cuanto a conceptos transmitidos, vocabulario usado y complejidad de la información, a las características psico-evolutivas, culturales y educativas de sus potenciales receptores.

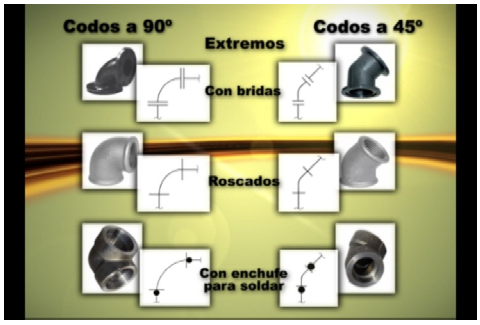


Figura 3. *Relación con elementos reales.*

Posee estructuras de organización de la información que facilitan su comprensión y dominio, de manera que el espectador esté siempre situado en la temática que se desarrolla, presentándola de manera lógica y progresiva, con contenidos conceptuales relacionados con elementos reales (Figura 3). Con fragmentos de información para ayudar a los espectadores a relacionar los nuevos contenidos con los que ya poseían (Figura 4) y estructuras de sumarios, que integran en una imagen los aspectos más significativos de un tema específico dentro del contenido (Figura 5).

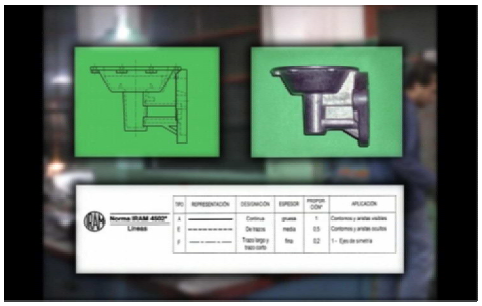


Figura 4. *Relación con contenidos anteriores.*

Para este material se tuvo en cuenta que los elementos audiovisuales no debían dificultar la observación y comprensión de los fenómenos y objetos mostrados. Lo técnico debía supeditarse a lo didáctico, con un ritmo narrativo que permitiera una buena recepción, análisis, empleo de reglas constructivas y resolución de situaciones reales planteadas; utilizando una potencialidad expresiva capaz de transmitir el contenido en forma completa, con objetivos de aprendizaje a ser logrados una vez concluido su visionado y teniendo en cuenta las posibilidades de reutilización.

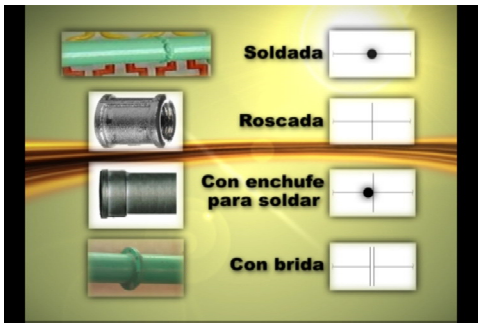


Figura 5. *Estructuras de sumario.*

b) Un tutorial.
Su contenido es informativo, referido a la creación e inserción de bloques con el programa Autocad, temática que los alumnos deben aplicar para la resolución de los ejercicios planteados y en futuras representaciones gráficas. La estructura narrativa empleada es la de la intervención de la figura del profesor como hilo conductor, con su voz en off, complementada con imágenes reales captadas en directo, mientras se opera el programa. Figura 6.

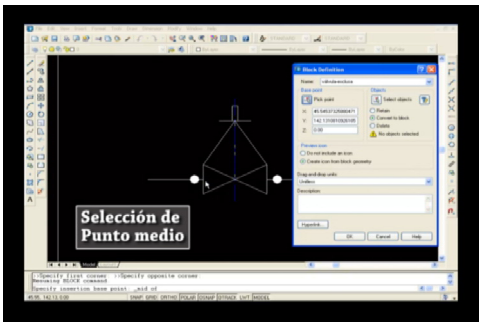


Figura 6. *Tutorial*.

c) Ejercicios a resolver.
Se trata de una serie de ejercicios que los alumnos deberán resolver aplicando el correspondiente contenido de la información transmitida, confeccionando primero un croquis a mano alzada para luego representarlo con el programa Autocad.
Se presentan a través de imágenes (fotografías de instalaciones industriales reales captadas en el ámbito del Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional del Sur) acompañadas con la respectiva consigna. Figura 7.

Figura 7. *Ejercicios.*

2.1. Desarrollo de la experiencia.

Los recursos cuya elaboración ha sido descripta en el presente trabajo, fueron utilizados durante el año 2011 como material de asistencia de una experiencia didáctica, durante el dictado del tema Simbología para Representaciones en Ingeniería correspondiente al programa vigente de la materia Sistemas de Representación.

Se realizó como prueba piloto un cuasi experimento, donde se trabajó en forma presencial con un grupo ya formado antes del mismo, o sea pre constituido. En este caso, se trató de un curso completo de alumnos de la cátedra de Sistemas de Representación de primer año de Ingeniería, como el que se forma todos los años. Esta prueba sirvió para evaluar los resultados del empleo del material desarrollado y luego considerar la posibilidad de implementación de estos recursos en la plataforma educativa virtual de la UNS.

Se diferenciaron tres momentos en el cuasi experimento: fase inicial, de desarrollo y fase final. En la primera, se recolectó información referente a la situación previa a la experiencia (cuáles eran las actitudes y conocimientos previos de los alumnos, cuáles eran sus expectativas, etc). De esta forma se tuvo un enfoque descriptivo o de presente, según la tipología dada por Danhke (1989) [6]. La estrategia empleada fue de tipo cuantitativo, a través de la recolección de datos con una encuesta, empleándose un cuestionario pre-codificado diseñado al efecto.

La segunda fase, de tipo cualitativo, correspondió al desarrollo de la experiencia práctica, en la que se implementó el OA como recurso didáctico. Se extrajo información a través de una observación participante durante su desarrollo.

Durante la tercera fase se utilizó como método principal nuevamente a la encuesta, con la cual se obtuvieron los resultados y conclusiones de los estudiantes acerca del uso de este recurso. Entre ellas, cómo valoran las posibles mejoras en la autonomía del aprendizaje, las ventajas y desventajas que perciben, el nivel de interacción con el recurso didáctico, el grado de interés y curiosidad despertado. Esta información fue complementaria a la obtenida en la fase segunda.

La encuesta es un procedimiento estandarizado que permite obtener información en forma limitada a un cuestionario. En la experiencia planteada se utilizó en forma precedente a ella (preprueba), para conocer las nociones previas, actitudes y disponibilidad de recursos de los alumnos, y al finalizar (postprueba), para obtener la valoración e impresiones de los estudiantes respecto de ella.

El muestreo fue de tipo no probabilístico, casual o incidental, en el que se selecciona directa e intencionalmente a los individuos de la población. Esta forma de muestreo resultó más apropiada en el caso de esta investigación exploratoria, donde existió mayor interés en profundizar la calidad de la información más que en su representatividad estadística. El caso más habitual de este procedimiento es utilizar como muestra los individuos a los que se tiene fácil acceso, como es para el profesor emplear a sus propios alumnos.

Se confeccionó para la pre-prueba un cuestionario inicial con preguntas cerradas, las cuales contenían categorías o altemativas de respuesta delimitadas [7]. De esta forma, se presentaba a los alumnos las posibilidades de respuesta y ellos debían circunscribirse a éstas. Algunas de las preguntas cerradas fueron dicotómicas (dos alternativas de respuesta) y otras incluían varias alternativas.

En cuanto a la post-prueba, el cuestionario estuvo confeccionado con algunas preguntas cerradas y otras abiertas, dando la posibilidad a los alumnos de no tener que circunscribirse a respuestas predeterminadas.

Fue necesario someter a los cuestionarios a un proceso metódico de organización y dotación de significado para poder extraer luego la información, codificando los diferentes ítems para su posterior interpretación.

La estrategia planteada para la fase de desarrollo de la experiencia tuvo en cuenta la presentación, las condiciones, las veces en que se exhibiría el material y las actividades complementarias para evitar la pasividad de los alumnos.

En primer lugar se realizó una presentación del material audiovisual documental y del tutorial por parte del profesor, quien resaltó someramente los aspectos principales de dicho material. Luego, ambos se proyectaron por única vez con un proyector multimedia.

A continuación, los alumnos iniciaron la resolución de los ejercicios planteados referidos al tema, estando a su disposición en el aula una computadora en la que podían acceder nuevamente al

contenido de estos materiales y al resto de los recursos (apuntes y ejercicios), los cuales también fueron suministrados en forma impresa. Esta propuesta tuvo como objetivo otorgarle flexibilidad a la relación alumno-contenido, siendo el primero quien decidiera cómo y cuándo utilizarlo.
Como actividades complementarias, al efecto de provocar una ruptura de la pasividad estudiantil, se instó a los alumnos a retornar a ver el audiovisual y/o el tutorial en grupos o acompañados de alguno de los ayudantes de docencia, para luego debatir sobre aspectos de los mismos.

3. CONCLUSIONES.

A través de esta experiencia hemos tratado de avanzar en la incorporación de otras alternativas metodológicas, que permitan una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con el aporte de nuevas tecnologías que estimulan dicho aprendizaje. Dado que es una realidad la presencia continua de la imagen como un modo de expresión, decidimos el empleo de recursos audiovisuales, adaptados a las necesidades y circunstancias específicas de aplicación.
Las conclusiones a las que hemos abordado han sido:
-Un mejoramiento del proceso de comunicación didáctica, contribuyendo a que el aprendizaje memorístico deje de ser tal, para convertirse en una representación a través de la imagen de ciertos conceptos, facilitando la retención de contenidos.
-Reducción del tiempo dedicado por el docente para la fase de transmisión de conocimientos, que permite aumentar el destinado a otras actividades. Entre ellas, interacción didáctica entre el profesor y el alumno para colaborar en los procesos de comprensión y desarrollo de capacidades, control y verificación del aprendizaje.
-La disposición del material didáctico para el repaso individual y grupal, posterior al visionado, les permitió a los alumnos que lo necesitaran reverlo a fin de aclarar y aprehender conceptos.
-Se evidenció un mayor interés por parte del alumnado ante el OA como transmisor de información, más ameno y entretenido en comparación con otros materiales didácticos tradicionales. La aceptación favorable fue mayoritaria.
-Se percibió una mayor motivación y gusto del alumnado por este tipo de recursos.
-La metodología empleada fue globalmente calificada por los alumnos como muy buena; facilitando la comprensión del tema y la relación de la nueva información con la que ya poseían en su estructura cognitiva.
En virtud de las conclusiones favorables sobre la experiencia, se prevé la ejecución de una futura experiencia virtual con todo el material organizado, integrado a la plataforma educativa Continuar.UNS con la que cuenta la Universidad Nacional del Sur.

4. REFERENCIAS.

[1] Gutiérrez,S.E., Sagula, A.R. , Achilli, G.L. (2007) “Conexión, Vinculación y rotulación de objetos gráficos desde un programa Cad”. *Congreso Internacional de Expresión Gráfica en Ingeniería y Arquitectura.* Córdoba, Argentina.

[2] Gutiérrez,S.E., Sagula, A.R. , Achilli, G.L. (2008). “Experiencia didáctica de rotulación de objetos gráficos desde un programa CAD”. *Primer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. ICAIM 2008.* Bahía Blanca, Argentina .

[3] Gutiérrez,S.E., Sagula, A.R (2008). “Uso de bases de datos como asistencia para la representación gráfica”. *VI Encuentro Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería y Arquitectura.* San Juan. Argentina.

[4] Gutiérrez,S.E., Sagula, A.R (2010). “Recursos Tecnológicos en la enseñanza de la Expresión Gráfica: Videos educativos.” *III Congreso Internacional de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Carreras Afines.* Córdoba, Argentina.

[5] Smith, P. L. & Ragan, T. J. (2005). *Instructional Design.* Third Edition. Wiley Jossey-Bass Education. Nueva York. EE.UU.

[6] Danhke, G.L. (1989). Investigación y comunicación. En Fernández Collado y Danhke (Comps.). *La comunicación humana: Ciencia social.* McGraw-Hill. México.

[7] Hernández Sampieri R.; Fernández Collado C. y Baptista Lucio P. (2003). *Metodología de la Investigación.* 3ª ed. McGraw-Hill. México.

Agradecimientos

Las autoras de este trabajo desean agradecer a las siguientes instituciones y personas:

A la SGCyT de la Universidad Nacional del Sur por su apoyo al proyecto de investigación PGI: "Investigaciones sobre programas CAD y Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs). Implementación en la enseñanza de la expresión gráfica en la Ingeniería" dirigido por la Ing. Silvana E. Gutiérrez.

Al Sr. Juan Andrés Kopsic , alumno de la carrera de Técnico Universitario en Emprendimientos Audiovisuales de la Universidad Provincial del Sudoeste (UPSO) y de la Universidad Nacional del Sur (UNS), colaborador del proyecto de investigación PGI "Investigaciones sobre programas CAD y Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs). Implementación en la enseñanza de la expresión gráfica en la Ingeniería" por su labor en la producción y post-producción técnica del material audiovisual.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Vinculación entre el cálculo numérico y la especialidad. Una herramienta para la resolución de las ecuaciones de convección y convección-difusión

Caligaris*, Marta G., Rodríguez, Georgina B., López, Raúl D. y Laugero, Lorena F.

Grupo Ingeniería & Educación
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás
Colón 332, (2900) San Nicolás, Argentina
e-mail: gie@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

La mayoría de los problemas de flujo de fluidos con interés práctico no tienen solución analítica y cuando la tienen, el procedimiento para obtener la solución es tan complejo que no vale la pena el esfuerzo. La Mecánica de Fluidos Computacional es la rama de la mecánica de fluidos que permite resolver este tipo de problemas mediante la utilización de métodos numéricos. Los más usados en la actualidad son el método de diferencias finitas y el método de elementos finitos. Cada uno tiene sus propias ventajas, dependiendo de la naturaleza del problema físico a resolver. Cualquiera sea el método que se utilice, una solución numérica aceptable requiere una gran cantidad de cálculos, por lo que es indispensable la implementación de los mismos en un ordenador. Como ésta no es una tarea sencilla, con la finalidad de que los estudiantes puedan resolver estos problemas sin necesidad de realizar tediosos cálculos ni programar, se diseñó en Scilab un laboratorio virtual para la asignatura Mecánica de Fluidos, donde es posible resolver las ecuaciones de convección y convección-difusión utilizando el método de diferencias finitas. Con el mismo, los alumnos podrán analizar ágilmente cuál es la influencia de los distintos parámetros que intervienen en la solución de dichas ecuaciones.
Cabe destacar que los estudiantes están habituados a usar este tipo de recursos, debido a que laboratorios similares fueron presentados en la asignatura Cálculo Avanzado, del nivel anterior.
Desde el año 2006, en la Facultad Regional San Nicolás, las ecuaciones mencionadas se estudian en la asignatura Mecánica de Fluidos desde el punto de vista numérico.
En este trabajo se mostrará el laboratorio virtual diseñado, el cual será empleado en el ciclo lectivo 2012 como una forma de intensificar el vínculo entre el cálculo numérico y la especialidad.

Palabras Claves: mecánica de fluidos computacional, Scilab

1. INTRODUCCIÓN

En la cátedra Cálculo Avanzado (Bloque Análisis Numérico) de la carrera Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional San Nicolás (FRSN) se tratan los siguientes temas: resolución de ecuaciones no lineales, resolución de sistemas de ecuaciones lineales, interpolación y ajuste de curvas, integración numérica, resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.

Como herramienta didáctica se utiliza el "Laboratorio Virtual de Análisis Numérico", diseñado en el Grupo de Ingeniería y Educación de la FRSN [1]. El mismo está constituido por ventanas personalizadas desarrolladas en Scilab, abarcando los temas mencionados. Dichas aplicaciones no sólo tienen en cuenta las necesidades que se detectan en la materia, sino también los estilos de aprendizaje de los alumnos. Las distintas herramientas visuales que constituyen el laboratorio permiten al alumno aplicar diversos métodos numéricos con la ventaja de poder analizar los resultados sin la necesidad, en un principio, de tener que programar el código.

En las ventanas correspondientes a las ecuaciones diferenciales parciales se puede aproximar la solución de las ecuaciones de Poisson, difusión y onda con métodos de diferencias finitas [2]. Estos métodos se han usado, tradicionalmente, para resolver problemas de fluidos. Para que se complete el estudio de las ecuaciones que se necesitan para resolver los problemas de flujo de fluidos, en la asignatura Mecánica de Fluidos, se estudian las ecuaciones de convección y convección-difusión, que no se presentan en el curso de Análisis Numérico [3 - 5]. Por último, en el quinto nivel de la carrera, se aborda el método de elementos finitos para la resolución de distintos problemas.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar las ventanas diseñadas para resolver, mediante diferencias finitas, las ecuaciones de convección y convección-difusión, en la asignatura Mecánica de Fluidos. También se relatará una prueba piloto de su utilización, en el ciclo lectivo 2012.

2. ESTILOS DE APRENDIZAJE

El concepto de estilo de aprendizaje es definido de forma muy variada por diversos autores. Una de las definiciones más acorde con nuestro trabajo de investigación es la adoptada por Alonso y Gallego [6]: *"Los Estilos de Aprendizaje son los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los discentes perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje".*

2.1. Estilos de aprendizaje: el modelo de la programación neuroligüística

El modelo de estilos de aprendizaje de la Programación Neurolingüística considera que la vía de ingreso de información al cerebro (ojo, oído, cuerpo) resulta fundamental en las preferencias de quién aprende o enseña. Concretamente, el ser humano tiene tres grandes sistemas para representar mentalmente la información: visual, auditivo y kinestésico. Sin embargo, las personas utilizan los sistemas en forma desigual, potenciando unos e infrautilizando otros [7].

Los alumnos que tienen más desarrollado el sistema de representación visual aprenden preferentemente a través del contacto visual con el material educativo. Así, los gráficos, cuadros, dibujos y diagramas, videos o programas computacionales mejoran su aprendizaje.

Los estudiantes que tienen más desarrollado el sistema de representación auditivo aprenden preferentemente escuchando el material educativo. Las grabaciones y las lecturas en voz alta, mejoran su aprendizaje. Almacenan la información transfiriendo lo auditivo a un medio visual.

Los alumnos que tienen más desarrollado el sistema de representación kinestésico aprenden preferentemente al interactuar físicamente con el material educativo. Para aprender necesitan asociar los contenidos con movimientos o sensaciones corporales. Las actividades físicas, el dibujo y la pintura, los experimentos de laboratorio, los juegos de rol, mejoran su aprendizaje.

2.2. Determinación de los estilos de aprendizaje

Para conocer cuáles son los estilos de aprendizaje predominantes de los alumnos se aplica una adaptación del cuestionario de R. Metts sobre estilos de aprendizaje [8]. En las encuestas realizadas en los últimos años, se observó que los dos estilos preponderantes de aprendizaje de los alumnos que cursan la carrera Ingeniería Mecánica son visual y kinestésico.

Estos resultados fueron tenidos en cuenta en el diseño de las interfaces de las ventanas personalizadas y en la elaboración de la secuencia didáctica para enseñar el tema en cuestión.

3. ECUACIONES DIFERENCIALES EN DERIVADAS PARCIALES (EDP)

En el curso de Cálculo Avanzado (Bloque Análisis Numérico), sólo se resuelven numéricamente las ecuaciones de Poisson, difusión y onda, empleando métodos de diferencias finitas. Por esta razón, la ecuación de convección (Ecuación (1)) y la ecuación de convección-difusión (Ecuación (2)) no son conocidas por los alumnos hasta que no se las presenta en la asignatura Mecánica de Fluidos. Sólo se estudian numéricamente los casos en donde los coeficientes u y α son constantes.

$$f_t + u f_x = 0 \tag{1}$$

$$f_t + u f_x = \alpha f_{xx} \tag{2}$$

También se pueden utilizar métodos de diferencias finitas para obtener una solución aproximada de las ecuaciones (1) y (2). La aplicación de estos métodos se lleva a cabo en tres etapas: primero, discretizando el dominio con la construcción de una malla estructurada; luego reemplazando las derivadas que aparecen en la ecuación diferencial por aproximaciones, que son expresiones en diferencias finitas, y por último, obteniendo la solución del conjunto de ecuaciones que queda planteado como consecuencia de la sustitución anterior.

Para discretizar el dominio continuo del problema se utiliza una malla, estableciendo una cuadrícula que tendrá para la variable x un paso h_x y para la variable t un paso h_t. Se obtiene así el conjunto de puntos $\{(i\ h_x,\ j\ h_t)\colon 0 \le i \le N + 1,\ 0 \le j \le M\}$ y se asocia el par (i, j) a cada punto $(i\ h_x,\ j\ h_t)$, llamando $f_i^j = f(i h_x,\ j h_t)$.

Las expresiones en diferencias finitas que aproximan las derivadas en un punto particular de la malla en la ecuación diferencial se pueden obtener mediante el desarrollo en polinomios de Taylor de la variable dependiente alrededor de dicho punto. No se mostrará este paso en detalle, por suponerse conocido [4 - 5]. Es posible aproximar las derivadas primeras utilizando alguna de las siguientes expresiones:

$$\frac{\partial f}{\partial t}(i h_x, j h_t) \cong \frac{f_i^{j+1} - f_i^j}{h_t} \tag{3}$$

$$\frac{\partial f}{\partial t}(i h_x, j h_t) \cong \frac{f_i^j - f_i^{j-1}}{h_t} \tag{4}$$

$$\frac{\partial f}{\partial t}(i h_x, j h_t) \cong \frac{f_i^{j+1} - f_i^{j-1}}{2\ h_t} \tag{5}$$

La expresión (3) es llamada aproximación en diferencias progresivas y la expresión (4) recibe el nombre de aproximación en diferencias regresivas. Ambas aproximaciones son de primer orden. En cambio, la expresión (5), denominada de diferencias centradas, es de segundo orden. Según la aproximación que se elija, es posible obtener distintos métodos de diferencias finitas.

La aproximación de la derivada segunda respecto a la variable espacial, f_{xx}, que usualmente se usa es la que se presenta en la expresión (6) y se la denomina aproximación en diferencias centradas.

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}(i h_x, j h_t) \cong \frac{f_{i-1}^j - 2 f_i^j + f_{i+1}^j}{h_x^2} \tag{6}$$

Esta aproximación también es de segundo orden. Suele decirse que la aproximación es $O(h_x^2)$. Esta notación con la O mayúscula expresa el hecho de que el error de truncamiento local es menor en valor absoluto que una constante por h_x^2 si h_x es suficientemente cercano a cero.

3.1. Las ventanas en Scilab

Las Figuras 1 y 2 muestran las interfaces de las ventanas personalizadas que se han diseñado para resolver numéricamente las ecuaciones de convección y convección-difusión en una dimensión espacial.

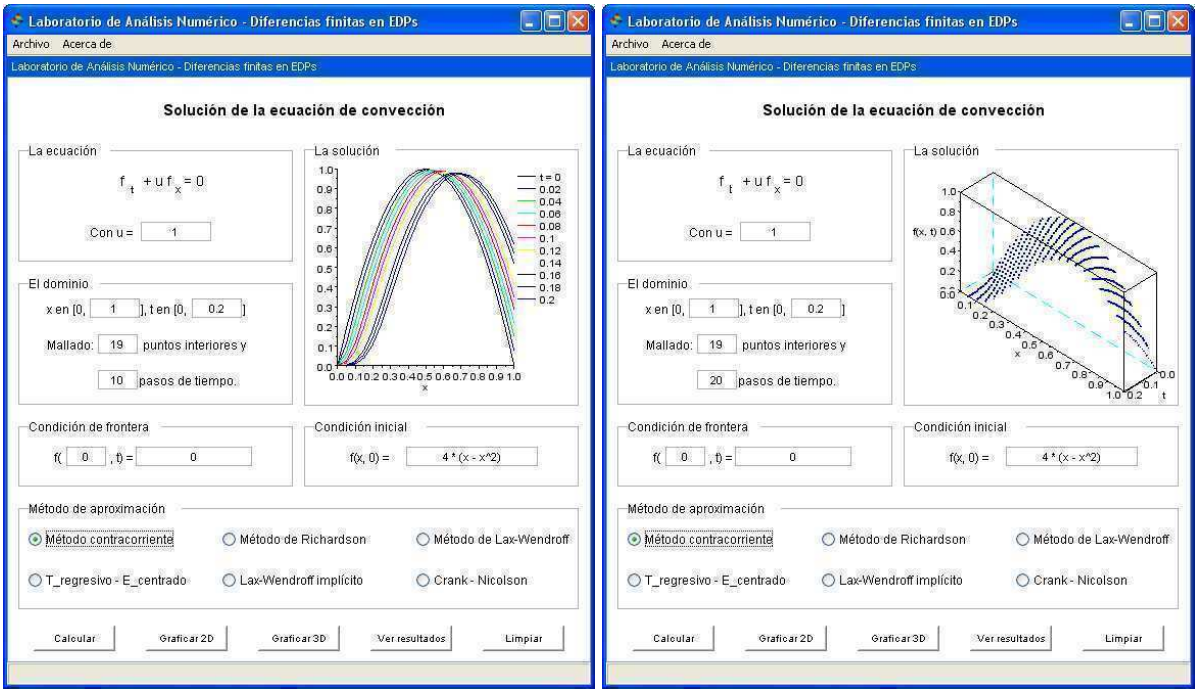


Figura 1. *La ventana correspondiente a la ecuación de convección.*

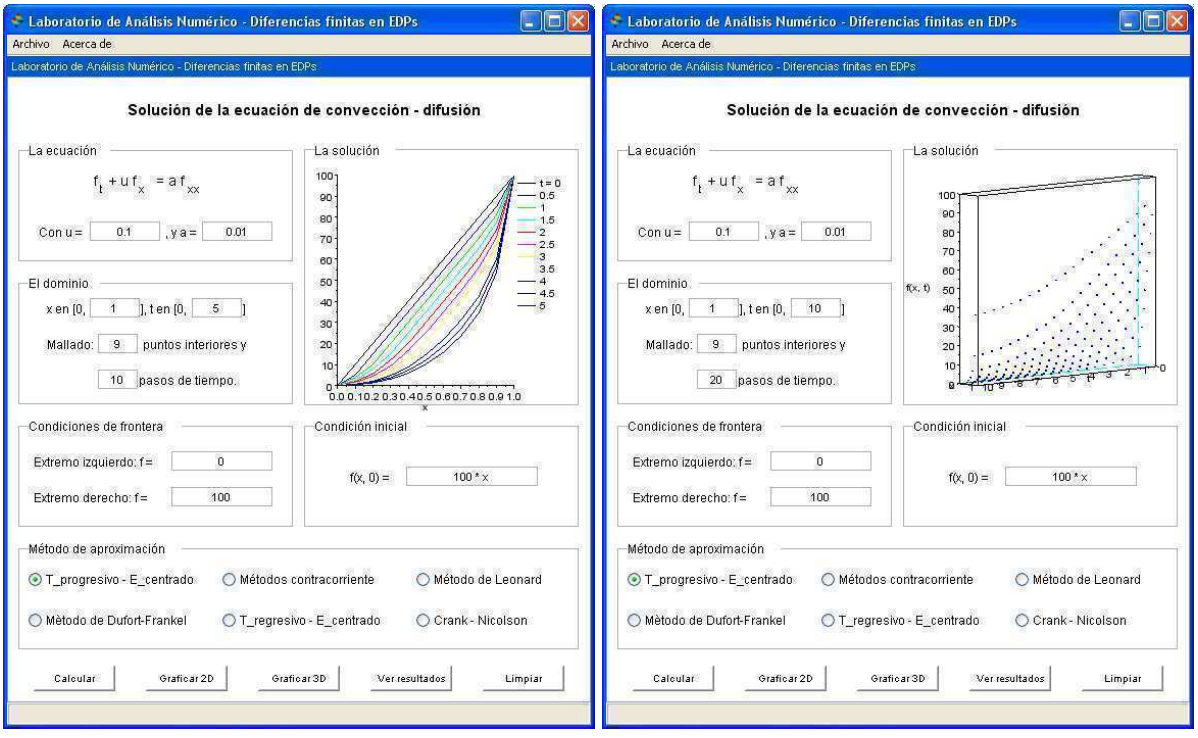


Figura 2 *La ventana correspondiente a la ecuación de convección - difusión.*

En la Figura 1 se observa la ventana que permite resolver problemas descriptos por la ecuación de convección en una dimensión espacial, con las dos opciones de soluciones gráficas que es posible obtener. Para ello, se deben ingresar los valores del coeficiente u, el dominio en estudio, la cantidad de puntos en los que se calculará la solución, la condición de frontera y la condición inicial. Esta ventana proporciona seis de los métodos de diferencias finitas que pueden utilizarse para resolver la ecuación de convección. Se debe seleccionar uno de ellos para obtener la aproximación correspondiente, y luego presionar el botón **Calcular**.
La solución numérica obtenida puede graficarse en dos o en tres dimensiones. Esto se logra seleccionando el tipo de salida gráfica que se desee.
Pulsando el botón **Ver resultados**, se muestra una tabla con los valores de la solución numérica calculada en los distintos puntos del dominio espacial.
La Figura 2 muestra la ventana que permite resolver, en forma aproximada, la ecuación de convección-difusión. Ésta presenta una interfaz similar a la ventana ya descripta. En ella, también es posible graficar la solución numérica obtenida en dos o en tres dimensiones, y mostrar dicha solución en forma tabular.

3.2. Los métodos disponibles en la ventana de la ecuación de convección

A continuación, se discuten brevemente los métodos numéricos que se ofrecen en la ventana correspondiente a la ecuación de convección unidimensional.
El primer método disponible en la ventana es el método contracorriente. En este método, se tiene en cuenta el signo del coeficiente u en la ecuación. Así, cuando u > 0, la derivada espacial se aproxima con diferencias regresivas y cuando u < 0, con diferencias progresivas. En ambos casos, la derivada temporal se aproxima con diferencias progresivas.
De esta manera, el valor de cada f_i^{j+1} con estas aproximaciones está dado por las ecuaciones (7) y (8).

$$\text{si } u > 0, \quad f_i^{j+1} = f_i^j - c\,(f_i^j - f_{i-1}^j) \tag{7}$$

$$\text{si } u < 0, \quad f_i^{j+1} = f_i^j - c\,(f_{i+1}^j - f_i^j) \tag{8}$$

donde $c = u\,\frac{h_t}{h_x}$.

El método de Richardson propone aproximar las dos derivadas en la ecuación diferencial (1) con esquemas de diferencias centradas. La solución para f_i^{j+1} con esta aproximación de la ecuación diferencial está dada por (9).

$$f_i^{j+1} = f_i^{j-1} - c\,(f_{i+1}^j - f_{i-1}^j) \tag{9}$$

A diferencia del método anterior, éste requiere conocer los valores de f en dos capas temporales anteriores, por lo que es necesario utilizar un procedimiento distinto para iniciar el cálculo.
Otro método disponible es el de Lax - Wendroff explícito. Este método se obtiene al expresar la función solución f de la ecuación de convección por medio de un desarrollo en serie de Taylor para f_i^j evaluada en f_i^{j+1} y reemplazar las derivadas temporales por las expresiones indicadas en (10) y (11)

$$f_t = -u\,f_x \tag{10}$$

$$f_{tt} = -u\,f_x)_t = -(f_t)_x = -(-u\,f_x)_x = u^2 f_{xx} \tag{11}$$

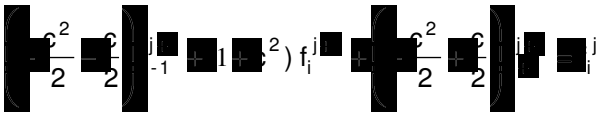
Aproximando las derivadas espaciales con esquemas de diferencias centradas se obtiene para f_i^{j+1} la siguiente expresión:

$$f_i^{j+1} = f_i^j - \frac{c}{2}(f_{i+1}^j - f_{i-1}^j) + \frac{c^2}{2}(f_{i+1}^j - 2 f_i^j + f_{i-1}^j) \tag{12}$$

Si bien los métodos descriptos presentan la ventaja de que la solución en un punto en el nivel de tiempo j + 1, es expresada explícitamente en términos de la solución conocida en el nivel de tiempo j, la principal debilidad es que son condicionalmente estables. De esta manera, el paso de tiempo que se permite es relativamente pequeño, y el esfuerzo computacional requerido para obtener la solución de algunos problemas es importante. Por esta razón, es interesante estudiar también procedimientos que eviten la limitación del tamaño del paso temporal, como los métodos implícitos.
En los métodos implícitos, las aproximaciones por diferencias finitas son evaluadas en el nivel de tiempo j + 1. Afortunadamente, los métodos de diferencias finitas implícitos son incondicionalmente estables. Es decir, no hay un límite en el tamaño del paso temporal para que la solución sea numéricamente estable. Por supuesto, hay un cierto límite práctico en el paso temporal requerido para mantener los errores de truncamiento dentro de límites razonables, pero esta no es una consideración de la estabilidad sino de la precisión. No obstante, los métodos implícitos presentan la desventaja de que la solución en un punto en un determinado nivel de tiempo depende de la solución de los puntos vecinos de ese nivel de tiempo, que es también desconocida. Por lo tanto, se debe resolver un sistema de ecuaciones para obtener la solución en cada nivel de tiempo.
El primer método implícito disponible en la ventana es el de tiempo regresivo – espacio centrado, el cual se obtiene cuando se aproxima la derivada temporal con una aproximación en diferencias regresivas y la derivada espacial con diferencias centradas. El uso de estas aproximaciones permite expresar, en forma discreta, la ecuación de convección de la siguiente forma:

(13)

El segundo método implícito que se presenta en la ventana surge a partir del método de Lax – Wendroff. El esquema numérico que lo representa está dado por (14).



(14)

El último método implícito que es posible utilizar es el de Crank – Nicolson, que se deriva al promediar el método de diferencias progresivas y el método de diferencias regresivas, para los tiempos j h_t y (j+1) h_t respectivamente. En ambos casos, se emplea diferencias centradas para la derivada espacial.

(15)

La Tabla 1 muestra el orden de cada uno de los métodos y la condición de estabilidad de los mismos.

Tabla 1. *Los métodos utilizados en la ventana de la ecuación de convección.*

Método	Estabilidad	Orden
Método contracorriente	$c \leq 1$	$O(h_t) + O(h_x)$
Método de Richardson	$c \leq 1$	$O(h_t^2) + O(h_x^2)$
Método de Lax-Wendroff explícito	$c \leq 1$	$O(h_t^2) + O(h_x^2)$
Tiempo regresivo – espacio centrado	Incondicionalmente estable	$O(h_t) + O(h_x^2)$
Método de Lax-Wendroff implícito	Incondicionalmente estable	$O(h_t^2) + O(h_x^2)$
Crank - Nicolson	Incondicionalmente estable	$O(h_t^2) + O(h_x^2)$

Se debe tener especial cuidado en la asignación de las condiciones de frontera. Por ejemplo, si se considera la ecuación (1) en el dominio [0, 1], o en cualquier dominio acotado, se debe imponer:

(i) una condición de frontera en x = 0 y ninguna en x = 1 si u > 0 y
(ii) una condición de frontera en x = 1 y ninguna en x = 0 si u < 0.

3.3. Los métodos disponibles en la ventana de la ecuación de convección-difusión

Como en la sección anterior, se explican brevemente los métodos numéricos que se ofrecen en la ventana correspondiente a la ecuación de convección-difusión unidimensional.

El primer método disponible es el de tiempo progresivo – espacio centrado. Este método se obtiene cuando se reemplaza la derivada temporal con una aproximación en diferencias progresivas y las derivadas espaciales con diferencias centradas. Así, con estas aproximaciones, la solución para f_i^{j+1} está dada por:

$$f_i^{j+1} = f_i^j - \frac{c}{2}(f_{i+1}^j - f_{i-1}^j) + d(f_{i+1}^j - 2f_i^j + f_{i-1}^j) \tag{16}$$

donde $c = u\frac{h_t}{h_x}$ y $d = \zeta\frac{h_t}{(h_x)^2}$.

En el método contracorriente, la ecuación de diferencias finitas se obtiene al sustituir la derivada temporal por la aproximación de diferencias progresivas, la derivada primera espacial por la aproximación de diferencias regresivas de primer orden si $u > 0$ o por la aproximación de diferencias progresivas si $u < 0$ y la derivada segunda espacial por la aproximación de diferencias centradas.

Las expresiones (17) y (18), respectivamente, muestran la solución para f_i^{j+1}.

$$\text{si } u > 0, \quad f_i^{j+1} = f_i^j - c(f_i^j - f_{i-1}^j) + d(f_{i+1}^j - 2f_i^j + f_{i-1}^j) \tag{17}$$

$$\text{si } u < 0, \quad f_i^{j+1} = f_i^j - c(f_{i+1}^j - f_i^j) + d(f_{i+1}^j - 2f_i^j + f_{i-1}^j) \tag{18}$$

Otro método explícito disponible es el de MacCormack, que resulta ser un método eficiente y preciso cuando la ecuación de convección-difusión es lineal. Este método se obtiene al realizar una combinación de la aplicación del método de tiempo progresivo – espacio centrado y del método de tiempo regresivo – espacio centrado.

Con estas aproximaciones, la solución para f_i^{j+1} se puede expresar de la siguiente manera:

$$f_i^{j+1} = A f_{i-2}^j + B f_{i-1}^j + C f_i^j + D f_{i+1}^j + E f_{i+2}^j \tag{19}$$

donde:

$$A = \frac{1}{2}c\,d + \frac{1}{2}d^2 \tag{19a}$$

$$B = -\frac{1}{2}c + d - c\,d + \frac{1}{2}c^2 - 2d^2 \tag{19b}$$

$$C = 1 - 2d + c^2 + 3d^2 \tag{19c}$$

$$D = -\frac{1}{2}c + d + c\,d + \frac{1}{2}c^2 - 2d^2 \tag{19d}$$

$$E = -\frac{1}{2}c\,d + \frac{1}{2}d^2 \tag{19e}$$

Para poder utilizar la expresión (19), es necesario aplicar algún otro procedimiento para obtener la solución en los puntos adyacentes a la frontera izquierda.

El método de Dufort – Frankel surge al utilizar diferencias centradas en todas las aproximaciones de las derivadas y reemplazar en la aproximación de la derivada segunda $f_i^j = \frac{f_i^{j+1} + f_i^{j-1}}{2}$. De esta manera, se obtiene para f_i^{j+1} la expresión dada en (20).

$$(1+2\,d)\,f_i^{j+1} - d\,(f_{i+1}^{j+1} + f_{i-1}^{j+1}) = (1-2\,d)\,f_i^{j} + d\,(f_{i+1}^{j} + f_{i-1}^{j}) \qquad (20)$$

El método implícito de tiempo regresivo – espacio centrado se obtiene cuando se aproxima la derivada temporal con una aproximación en diferencias regresivas y las derivadas espaciales con diferencias centradas. El uso de estas aproximaciones permite expresar, en forma discreta, la ecuación de convección-difusión de la siguiente forma

$$-\left(\frac{c}{2}+d\right) f_{i-1}^{j+1} + (1+2d)\, f_i^{j+1} + \left(\frac{c}{2}-d\right) f_{i+1}^{j+1} = f_i^{j} \qquad (21)$$

Al igual que en la ecuación de convección, el método de Crank – Nicolson se obtiene también al promediar el método de diferencias progresivas y el método de diferencias regresivas.

$$-\left(\frac{c}{2}+d\right) f_{i-1}^{j+1} + 2\,(1+d)\, f_i^{j+1} - \left(\frac{c}{2}-d\right) f_{i+1}^{j+1} = \left(\frac{c}{2}+d\right) f_{i-1}^{j} + (1-d)\, f_i^{j} + \left(\frac{c}{2}-d\right) f_{i+1}^{j} \qquad (22)$$

Las condiciones de estabilidad y el orden de los distintos métodos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. *Los métodos utilizados en la ventana de la ecuación de convección - difusión.*

Método	Estabilidad	Orden
Tiempo progresivo – espacio centrado	$c^2 \le 2\,d \le 1$	$O(h_t) + O(h_x^2)$
Método contracorriente	$c^2 \le c + 2\,d \le 1$	$O(h_t) + O(h_x)$
Método de MacCormack	$c \le 0{,}9,\ 2\,d \le 1$	$O(h_t^2) + O(h_x^2)$
Método de Dufort - Frankel	$c \le 1$	$O(h_t^2) + O(h_x^2) + O((h_t^2/\,h_x^2)$
Tiempo regresivo – espacio centrado	Incondicionalmente estable	$O(h_t) + O(h_x^2)$
Crank - Nicolson	Incondicionalmente estable	$O(h_t^2) + O(h_x^2)$

3.4. Aplicación en el aula

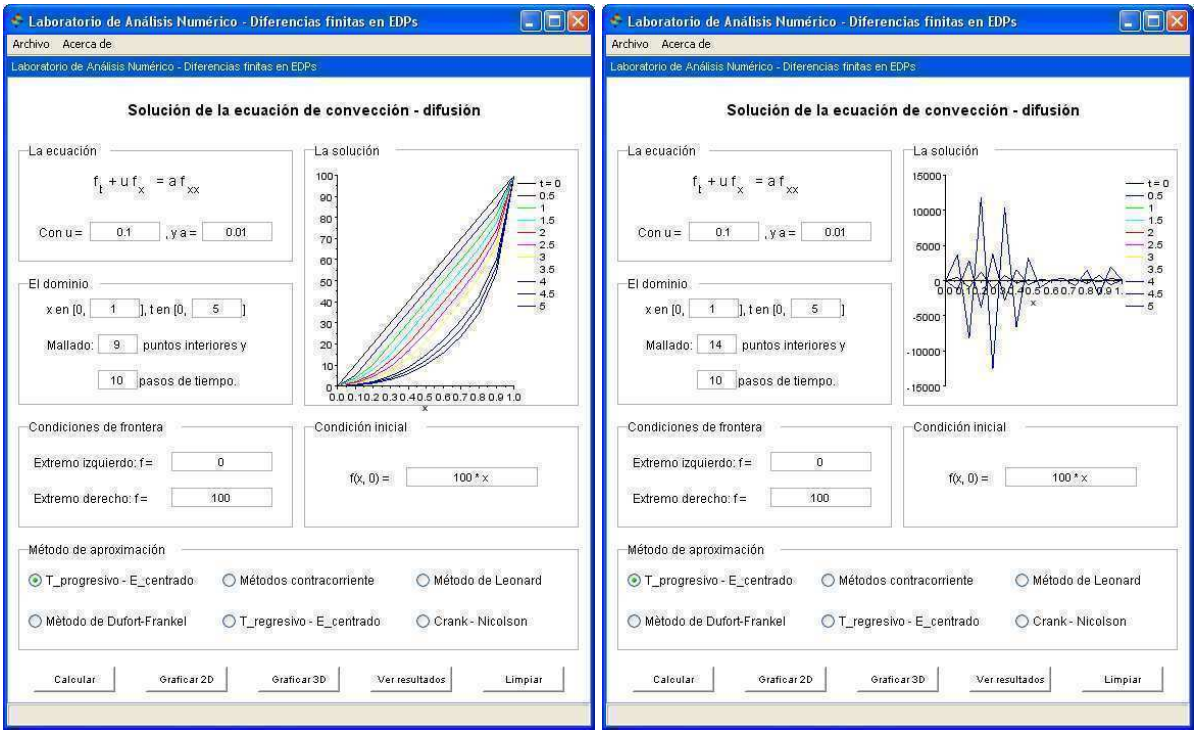
La capacidad de cálculo de las ventanas presentadas permite que los alumnos ejecuten procedimientos rutinarios en forma rápida y sencilla, permitiéndoles concentrarse en los conceptos o conocimientos matemáticos que el docente quiere profundizar o destacar.
A continuación, se mostrarán algunos ejemplos por medio de los cuales los estudiantes podrán discutir o reforzar diversos conceptos.

3.4.1 Estabilidad de los distintos métodos

Para analizar el concepto de estabilidad de un método, se propone resolver un ejercicio que involucre la ecuación de convección-difusión mediante el método de tiempo progresivo – espacio centrado, para distintos tamaños de paso. El ejercicio dado se plantea en (23), y se resuelve para tamaños de paso $h_x = 1/10$ y $h_t = 0{,}5$ primero, y luego para $h_x = 1/15$ y $h_t = 0{,}5$.

$$\frac{\partial f}{\partial t} + 0{,}1\,\frac{\partial f}{\partial x} = 0{,}01\,\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \quad 0 \le x \le \quad 0 \le t \le 5$$
$$f(0,t) = 0,\ f(1,t) = 00 \quad t > 0,\ \ f(x,0) = 00\ x \quad 0 \le x \le \qquad (23)$$

En el primer caso, se obtiene el resultado que se muestra en forma gráfica en la Figura 3.a.



(a) *(b)*

Figura 3 *La ecuación de convección – difusión y el concepto de estabilidad.*

Como es sabido, el método planteado es condicionalmente estable. En el caso de que el método seleccionado sea inestable para los tamaños de paso ingresados, aparecerá un mensaje de error comunicando dicha situación.
Esto es lo que ocurre para los tamaños de paso elegidos en el segundo caso. Primero aparecerá el cartel que se muestra en la Figura 4.a, y al pulsar el botón **Volver**, se observa la solución gráfica elegida, como se ve en la Figura 3.b. A pesar de que la solución numérica obtenida no es correcta, la misma se muestra para que el alumno, mediante el registro gráfico, pueda establecer comparaciones.

(a) *(b)*

Figura 4 *Mensajes de error en la discretización.*

Así, por medio de la resolución de un mismo ejercicio pero tomando distintos tamaños de paso, el alumno podrá comprobar experimentalmente que el método de tiempo progresivo – espacio centrado empleado para resolver la ecuación de convección - difusión es condicionalmente estable. A partir de la visualización de las gráficas que se muestran en la Figura 3, podrán determinar que este método proporciona una solución numérica acotada para determinados tamaños de paso.
Para todos los métodos explícitos se han programado mensajes de error en la discretización. Como ejemplo, en la Figura 4.b, se observa el mensaje para los métodos contracorriente.

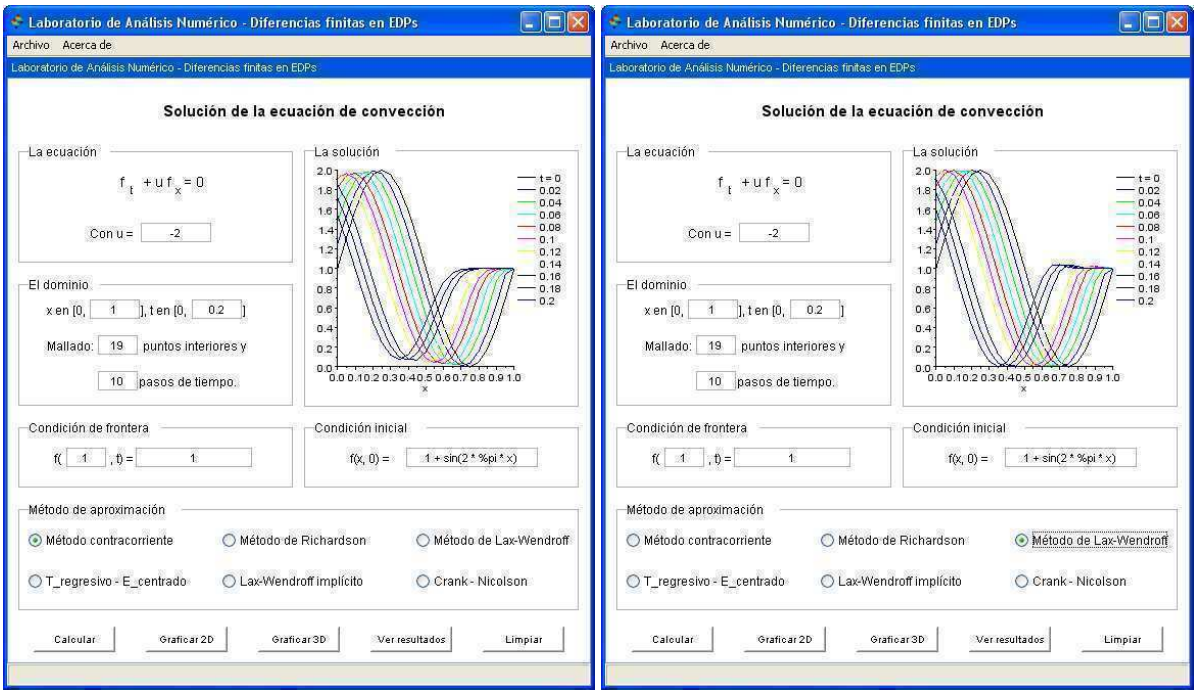
3.4.2 Condiciones de frontera

Para profundizar el análisis de la cantidad y ubicación de las condiciones de frontera en la ecuación de convección se plantea el problema (24), y se lo resuelve con el método contracorriente y con el método de Lax-Wendroff explícito, para tamaños de paso $h_x = 0,05$ y $h_t = 0,02$.

$$\frac{\partial}{\partial t} + 2\frac{\partial}{\partial x} = 0 \quad 0 < x < \quad t > 0$$

$$f(1,t) = , \quad f(x,0) = + \text{sen}(2\pi) \quad 0 < x < \tag{24}$$

La solución numérica obtenida al aplicar el método contracorriente se muestra en la Figura 5.a.



(a) *(b)*

Figura 5 *La solución del problema (24) con distintos métodos.*

Cuando se quiere utilizar el método de Lax-Wendroff se encuentra el inconveniente de que este esquema requiere valores en $x = 0$ y $x = 1$. Como $u < 0$, el problema (24) no tiene una condición de frontera en $x = 0$. Si se agregara una condición en $x = 0$, matemáticamente, el problema estaría mal planteado. Sin embargo, es necesario incorporar una condición en el extremo inferior del dominio para que el problema numérico esté bien definido y se pueda aplicar este método. Esta condición extra se denomina condición numérica de frontera.

En la Figura 5.b, se puede observar el resultado obtenido al resolver el problema (24) con el método de Lax-Wendroff, al incorporar la condición numérica de frontera que se muestra en la ecuación (25).

$$f_0^{j+} = {}_0^j (f_1^j {}_0^j) \tag{25}$$

La necesidad de incluir una condición numérica de frontera no se presenta sólo al utilizar el método de Lax-Wendroff explícito. Cualquier esquema que considere aproximaciones centradas para las derivadas espaciales precisará valores en las dos fronteras.

Encontrar condiciones numéricas de frontera aceptables no es un problema sencillo y es una cuestión importante en la solución aproximada de ecuaciones diferenciales parciales.

3.4.3 Difusión numérica

Hasta aquí, la herramienta utilizada para la estimación del orden de precisión de un método de diferencias finitas fue el error de truncamiento local (Tablas 1 y 2). En esta sección se presenta un enfoque ligeramente diferente que revela más sobre el comportamiento de la solución numérica [5, 9]. Se plantea ahora, encontrar una EDP tal que f_i^j sea la solución exacta de esa ecuación, o al menos encontrar una EDP para la cual f_i^j es una mejor solución que para la ecuación original.

De hecho, es posible encontrar una EDP cuya solución exacta sea f_i^j, haciendo desarrollos en serie de Taylor como se hace para calcular el error de truncamiento local. Sin embargo, esta EDP tendrá un número infinito de términos con potencias cada vez más altas de h_t y h_x. Al truncar esta serie en algún término, se obtendrá una EDP relativamente simple para estudiar y que, sin embargo, es un buen indicador del comportamiento de f_i^j.

El procedimiento de determinación de una ecuación modificada se ilustra mejor con un ejemplo. Así, si se considera el método contracorriente para resolver la EDP $f_t + u f_x = 0$, con $u > 0$, (ecuación 7), y una función $v(x, y)$ que coincide exactamente con los f_i^j, en los puntos del mallado, es decir, a diferencia de $f(x, t)$, solución de $f_t + u f_x = 0$, la función $v(x, t)$ satisface exactamente la ecuación (7):

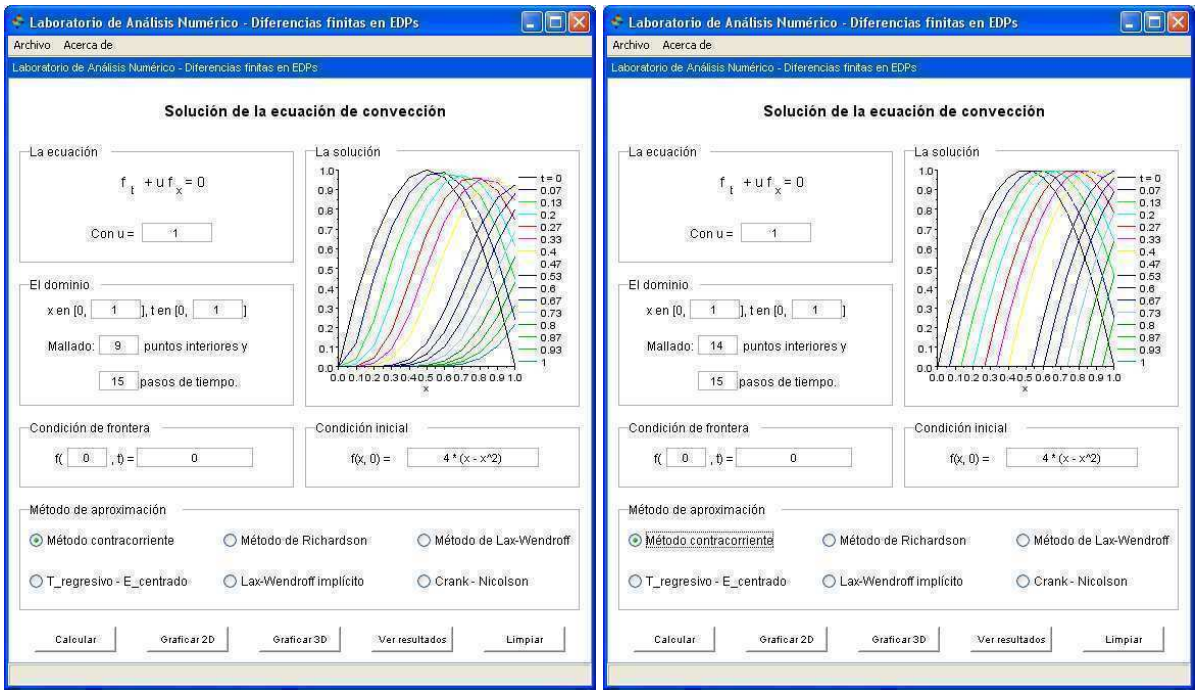
$$v(x, t + h_t) = v(x, t) - c\,(v(x, t) - v(x - h_x, t)) \tag{26}$$

Trabajando esta expresión [9], puede obtenerse, despreciando los términos de error de segundo orden:

$$v_t + u\, v_x = \frac{1}{2} u h_x (1 - c)\, v_{xx} \tag{27}$$

La ecuación (27) es la ecuación de convección-difusión. Así, los f_i^j dan una aproximación de segundo orden de esta ecuación, mientras sólo dan una aproximación de primer orden de la solución de la ecuación de convección planteada. Las soluciones de la ecuación de convección-difusión se trasladan a una velocidad u y se disipan. Esto se ve en la Figura 6.a en la que se resuelve el problema (28).

$$f_t + f_x = 0 \quad 0 \le x \le 1 \quad t > 0, \quad f(0, t) = 0, \quad f(x,0) = 4\,(x - x^2) \quad 0 \le x \le 1 \tag{28}$$



(a) *(b)*

Figura 6 *La solución del problema (28) con el método contracorriente y distintas discretizaciones.*

El coeficiente de difusión en la ecuación (27) se anula cuando u $h_t = h_x$. En ese caso, se obtiene la solución exacta de la ecuación de convección con el método contracorriente, como se observa en la Figura 6.b.

3.4.4 Impacto del uso de este recurso

El laboratorio se utilizó como prueba piloto al inicio del ciclo lectivo 2012 con los estudiantes que habían cursado Mecánica de Fluidos el año anterior. Una vez finalizada la experiencia, se realizó una entrevista a los alumnos para conocer su opinión respecto del uso de este tipo de herramientas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Se transcriben dos comentarios que son representativos de la mayoría de las respuestas obtenidas:

"Yo creo que la incorporación de este tipo de recursos te permite visualizar lo que estás estudiando. Los gráficos que se muestran en la ventana permiten comprender mejor los conceptos involucrados"

"La incorporación de este tipo de herramientas en la enseñanza te entusiasma más porque te permite ver, no sé si la realidad, pero ves un poco más de lo que ves en una hoja o en fórmulas o ecuaciones"

4. CONCLUSIONES

La utilización de ventanas como las mostradas en este trabajo en los distintos temas dictados en las cátedras de Análisis Numérico de la FRSN, ha tenido muy buena aceptación por parte de los alumnos, y ha demostrado ser una herramienta eficaz para la comprensión de algunos conceptos. Por ello, se ha planteado la extensión del Laboratorio de Análisis Numérico, incorporando ventanas diseñadas para resolver, mediante diferencias finitas, las ecuaciones de convección y convección-difusión, en la asignatura Mecánica de Fluidos.

En una prueba piloto realizada en el ciclo lectivo 2012 los alumnos mostraron interés en el uso de este recurso. Sin embargo, la sola presencia de este tipo de herramientas no hace que sea más sencillo el proceso de comprensión de los distintos conceptos. Es el docente quien por medio de su adecuada intervención posibilitará el logro de ese objetivo.

5. REFERENCIAS

[1] Caligaris, M.G., Rodríguez, G.B. y Laugero, L.F. (2010). *Laboratorio de Análisis Numérico*. En Cukierman, Uriel. y Virgili, José María. (Eds). La tecnología educativa al servicio de la educación tecnológica. Experiencias e investigaciones en la UTN. edUTecNe, pp. 583 – 606.

[2] Caligaris, M.G., Rodríguez, G.B. y Laugero, L.F. (2011). *Laboratorio virtual de análisis numérico: aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales*. Mecánica Computacional, Vol XXX, Nº 30. Teaching Numerical Methods, 2337 – 2351.

[3] Cengel, Y.A., Cimbala, J.M. (2007) *Mecánica de Fluidos - Fundamentos y Aplicaciones*. Primera Edición. Mc Graw Hill.

[4] Hoffman, J. (1992). *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. New York. Mac Graw - Hill.

[5] Thomas, J.W. (1995) *Numerical Partial Differential Equations*. Springer.

[6] Alonso, C. y Gallego, D. (2005). *Los estilos de aprendizaje: enseñar en el siglo XXI*. Primer Congreso sobre calidad de la Educación en el Caribe Colombiano. Barranquilla, Colombia.

[7] Romo Aliste, M., López Bravo, I. y López Real, D. (2006). *¿Eres visual, auditivo o kinestésico? Estilos de aprendizaje desde el modelo de la Programación Neurolingüística (PNL)*. Revista Iberoamericana de Educación, Vol 38 N° 2.

[8] Rodríguez Parrilla, J. (2008). *Una aproximación al uso de los estilos de aprendizaje como enfoque para elevar el rendimiento*. Cognición: Revista científica de la Fundación Latinoamericana para la Educación a Distancia, Vol. 15.

[9] LeVeque, R.J. (2007) *Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations*. Philadelphia. SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics).

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Integración de Conocimientos de Mecánica de los Fluidos por Medio de la Experimentación en un Túnel de Viento

González, María Teresa*(1), Olivero, Hernán, Ross, Francisco

Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur
Av. Alem 1253. (B8000CPB) Bahía Blanca. Argentina. mtgonzalez@plapiqui.edu.ar

(1) Planta Piloto de Ingeniería Química. Camino La Carrindanga Km 7 (8000) Bahía Blanca. Argentina

RESUMEN

En este trabajo se presenta la estrategia de integrar conocimientos de una asignatura a través del trabajo experimental en un solo equipo. Se aplican los contenidos desarrollados en Mecánica de los Fluidos a la experimentación en un túnel de viento cerrado. Se trata de un pequeño túnel subsónico, cuya sección de trabajo es de 35 x 17 x 190 (medidas expresadas en cm).
Las prácticas relacionadas con el túnel están reemplazando gradualmente las prácticas de laboratorio originales de la asignatura, ya que de esta manera se incentivan la iniciativa y la creatividad, lo que resulta en un aumento del interés de los estudiantes por los temas desarrollados en clase.
Las prácticas propuestas y los respectivos temas cubiertos son los siguientes:
1) Determinación de la gravedad específica de diferentes líquidos, por medio de densímetros diseñados por los alumnos. Se aplican conceptos de propiedades de los fluidos y empuje.
2) Medición de la velocidad por medio de un tubo de Pitot estático, e integración para obtener la velocidad media en el conducto. Los temas abarcados son Estática de los Fluidos, ecuación de Bernoulli y análisis integral de las ecuaciones fundamentales.
3) Cálculo del caudal de aire de refresco necesario para mantener constante la temperatura, práctica en la que se utilizan los conocimientos de ecuaciones de conservación en forma macroscópica, y pérdidas por fricción en conductos circulares y no circulares
4) Análisis de la factibilidad de utilizar el túnel para experimentación con distintos fines: medición de dispersiones de contaminantes, arrastre y sustentación, erosión eólica, parámetros de transporte neumático. En esta práctica se utilizan conceptos de análisis dimensional y escalado.
5) Medición de fuerzas de arrastre y sustentación en modelos de variadas formas y en diferentes situaciones (automóviles en paralelo, en fila, situaciones de sobrepaso). Conceptos de flujo externo y escalado.

Palabras Clave: mecánica de los fluidos, enseñanza, túnel de viento.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta la estrategia de integrar conocimientos de una asignatura a través del trabajo experimental en un solo equipo.

Se trata de la asignatura Mecánica de los Fluidos, que se dicta en el segundo cuatrimestre del tercer año de la carrera Ingeniería Mecánica, en la Universidad Nacional del Sur (UNS).

En el diseño de los contenidos se sigue un orden de complejidad creciente en los temas abarcados. El tema 1 constituye un repaso de dimensiones y unidades, e introducción (repaso en algunos casos) de propiedades de los fluidos. El Tema 2 abarca la Estática de los Fluidos, incluyendo manometría, fuerzas sobre superficies sumergidas y boyancia. En el tercer tema se introducen conceptos de cinemática y dinámica de los fluidos, estudiando el movimiento de éstos desde el punto de vista ideal (ecuación de Bernoulli). En el Tema 4 se aborda el enfoque macroscópico, con la aplicación de las leyes fundamentales a un volumen de control, sin estudiar puntualmente el efecto de la viscosidad del fluido. En el Tema 5 se estudia el movimiento del fluido desde el punto de vista microscópico, con énfasis en el efecto de la viscosidad sobre el movimiento. Se resuelven en forma exacta casos de flujo laminar unidireccional. En el Tema 6 se desarrolla el tema de la experimentación y validación de modelos, lo que conduce al análisis dimensional y al diseño de modelos a escala que, bajo ciertas condiciones, representen los fenómenos que se verifican en los fluidos y en su interacción con sus alrededores. El Tema 7 recolecta los conceptos vistos anteriormente, y los aplica al flujo de fluidos incompresibles en conductos cerrados. En el Tema 8 se desarrolla la teoría de la capa límite y el flujo externo, y finalmente el Tema 9 está dedicado al flujo compresible por el interior de conductos.

A través de muchos años de enseñar Mecánica de los Fluidos a diferentes grupos de alumnos de distintas carreras, se han probado distintas estrategias para captar la atención de los mismos, a fin de que las clases no se redujeran a la clase magistral del profesor en el frente, y una explicación de problemas típicos en las clases prácticas. En la UNS no existe la obligación de concurrir a clase, y se observa que los estudiantes son proclives a asistir a las clases teóricas, en las que algunos de ellos toman apuntes sin ejercitar un espíritu crítico, y descuidar la permanencia en las clases prácticas, a las que concurren sólo en proximidades de los exámenes parciales.

Si bien no se observó un bajo porcentaje de asistencia a las clases teóricas en los sucesivos cursos, se trató de optimizar el aprovechamiento de las mismas a través de la elaboración de cuestionarios con respuestas del tipo elección múltiple, que apuntaban a la comprensión de los temas desarrollados en las últimas clases; la calificación obtenida en estos cuestionarios posicionaba mejor al estudiante al momento de conseguir la calificación final. Esto motivó un descenso del ausentismo.

Por otra parte, al terminar cada tema se les suministraba a los alumnos un conjunto de preguntas cuya respuesta se sugería debían conocer, ya que constituyen un resumen de los conceptos que deben ser comprendidos dentro del tema en cuestión. En la clase teórica anterior a un examen parcial, se desarrollaba un debate acerca de las respuestas que los estudiantes tenían para esas preguntas. Lamentablemente, la mayoría de los estudiantes quedaban a la espera de las respuestas de la profesora.

En las clases prácticas, en las que se notaba un mayor ausentismo, se elaboraron problemas que fueron entregados para resolución en clase de dos formas: la primera de ellas consistía en designar a grupos de alumnos que resolverían cada problema, y luego se comentaba la resolución con todos los presentes. En este caso se consiguió un efecto contrario al deseado, ya que gran parte de los alumnos dejó de concurrir a las clases prácticas. La segunda de ellas consistió en entregar problemas de la práctica, a los que se sumó un conjunto de preguntas conceptuales, para que grupos de alumnos los resolvieran en clase y los entregaran resueltos. Los auxiliares se encontraban presentes para responder a preguntas en caso necesario. La calificación obtenida constituía un plus para la calificación final. Si bien los estudiantes se avinieron a esta metodología, una encuesta efectuada al final del curso reveló que no lo consideraban una experiencia positiva de aprendizaje, ya que manifestaban su preferencia por la resolución de problemas de aplicación fuera del ámbito del aula.

En cuanto a las prácticas de laboratorio, se han llevado a cabo en el Laboratorio de Hidráulica, y se han efectuado tres prácticas por cuatrimestre, con elaboración de informe por comisiones. Como ocurre con frecuencia, los alumnos han concurrido al laboratorio en su mayoría con el espíritu de tomar los datos que se les indica, sin mayor motivación que la de cumplir con un requisito que les es requerido para la aprobación de los trabajos prácticos de la materia.

Por otra parte, se observó que el primer trabajo práctico de laboratorio, consistente en la creación de un densímetro a partir de elementos corrientes que se pueden hallar en una vivienda, significaba un desafío a la creatividad, consiguiéndose instrumentos bastante ingeniosos.
A partir de un pequeño túnel de viento que fue construido con la finalidad de iniciar un tema de investigación con proyección a la construcción de otro de mayor tamaño, se pensó en implementar una secuencia de trabajos prácticos que significara una concatenación de los conocimientos de la materia, a la vez de conseguir mayor motivación en los estudiantes instándolos a proponer experiencias que estuvieran dentro de su área de interés.

2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Se construyó un pequeño túnel subsónico cerrado, con una sección de trabajo es de 35 x 17 x 190 (ancho x alto x largo, todas las medidas expresadas en cm). En la Figura 1 puede verse un esquema del mismo, y en la Figura 2 fotos del túnel en construcción y actual, respectivamente.

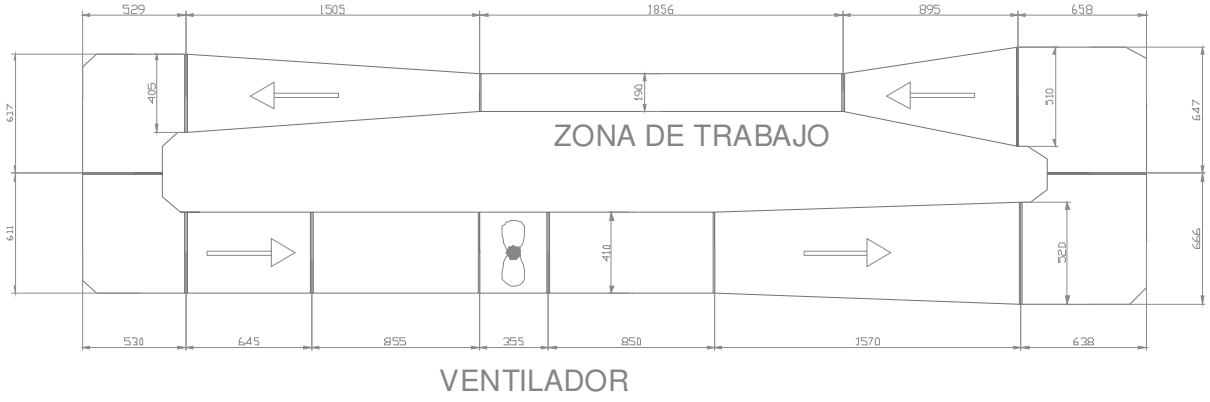


Figura 1 *Esquema del túnel de viento cerrado.*

(a) (b)

Figura 2 *Fotos del túnel de viento emplazado en el Laboratorio de Hidráulica de la UNS. (a) En construcción; (b) Terminado*

En líneas generales, las prácticas propuestas para el mismo fueron las siguientes:
1) Medición del caudal circulante;
2) Cálculo del caudal de aire de refresco necesario para mantener constante la temperatura;
3) Medición de coeficientes de arrastre y sustentación en cuerpos de diferentes formas y tamaños;
4) Factibilidad de utilizar el túnel para experimentación con distintos fines.

2.1. Medición del caudal circulante.

El caudal de aire que circula por el túnel debe calcularse por integración de las velocidades medidas en diferentes localizaciones de una sección dentro de la zona de trabajo. La velocidad se mide por medio de un tubo de Pitot estático (tubo de Prandtl) conectado a un micromanómetro de dos fluidos (agua y aceite). Se trata de un conjunto de prácticas, en las que se integran conocimientos de varios temas: ecuación de Bernoulli (medida de las velocidades con el tubo de Prandtl), estática de los fluidos (micromanómetro diseñado en la cátedra para medir la diferencia de presión en las ramas del tubo de Prandtl), empuje (construcción de un densímetro), propiedades de los fluidos (determinación de la gravedad específica de los líquidos del micromanómetro), y análisis integral de las ecuaciones fundamentales (integración de las medidas locales de la velocidad para obtener el caudal de aire en una sección de flujo).

2.1.1 Construcción de un densímetro.

La primera práctica consiste en la construcción de un densímetro a partir de elementos que es posible encontrar en la vida diaria. Éste debe constar de un vástago en el que se marcará en el laboratorio la escala de gravedad específica, y un cuerpo que asegure la estabilidad del instrumento a través de un peso adecuado. Conociendo los volúmenes y densidad de los distintos componentes, los estudiantes deben establecer la relación entre la gravedad específica y la profundidad a la que se sumerge el vástago, utilizando para tal fin conceptos de estática de los fluidos. Se debe determinar la densidad de varias sustancias, entre ellas la correspondiente al aceite utilizado en un micromanómetro que servirá para la medición de la diferencia de presión en el tubo de Prandtl. En el caso del aceite, se deben efectuar además medidas que permitan establecer la variación de la densidad con la temperatura.

En la Figura 3 pueden observarse algunos ejemplos de densímetros construidos por los estudiantes.

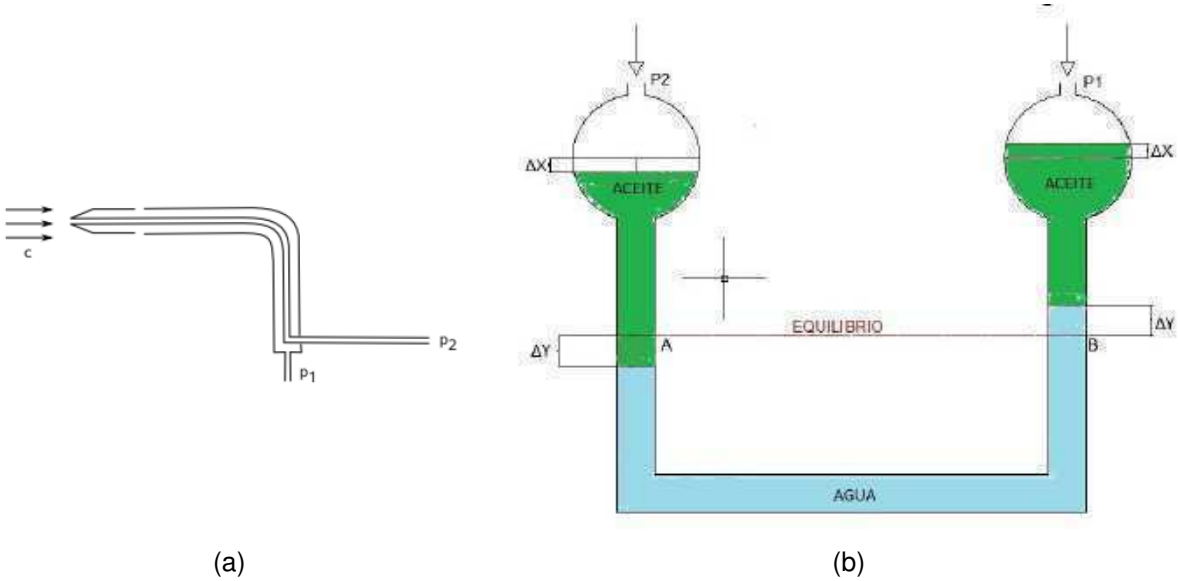
(a) (b) (c)

Figura 3 *Fotos de distintos densímetros propuestos*

2.1.2 Micromanómetro

Se disponía en el laboratorio de un tubo de Pitot estático (o tubo de Prandtl), y se mandó a construir un micromanómetro para medir la diferencia entre la presión de estancamiento y la estática. Éste consistiría en un tubo en U de vidrio de 5 mm de diámetro, rematado en ambos extremos por sendos cilindros de diámetro mucho mayor. Como la inserción del pequeño tubo en un orificio practicado en un recipiente de vidrio cilíndrico de gran diámetro no era posible, se propuso la utilización de dos

balones de destilación en vez de dos recipientes cilíndricos. Esto le agregó mayor complejidad al cálculo, resultando en una ecuación cúbica para vincular la diferencia de presión con la lectura, a menos que se simplificara dentro del rango de trabajo, muy cercano al ecuador de la esfera, considerando sección constante.



(a) (b)

Figura 4 *Instrumentos para medir la velocidad. a)Tubo de Prandtl; b) Micromanómetro que se conecta al tubo de Prandtl.*

2.1.3 Medición de la velocidad

La práctica se llevó a cabo por primera vez en el segundo cuatrimestre de 2009, con el túnel abierto y en construcción. En esta primera oportunidad, se pidieron voluntarios a los que se eximía de efectuar una de las prácticas programadas, a cambio de llenar los balones con los fluidos manométricos (agua y aceite comestible) y realizar las primeras mediciones de velocidad en el túnel.

En los períodos sucesivos, ya con el túnel terminado y cerrado, se pudo refinar la medición aunque se enfrentó un nuevo problema: el ingreso de burbujas de aire al aceite, y la emulsión del mismo en el agua con la que debían formar dos fases totalmente inmiscibles. Si bien este problema se puede salvar utilizando otro medio más sofisticado para medir la diferencia de presión, se prefiere trabajar en hallar la solución para poder seguir utilizando instrumentos basados en conocimientos básicos impartidos en clase.

2.2. Cálculo del caudal de aire de refresco.

Se trata del caudal necesario para mantener constante la temperatura, práctica en la que deben utilizarse los conocimientos de balance de energía y masa, y pérdidas por fricción en conductos circulares y no circulares.

El trabajo con un túnel cerrado permite una disminución en el gasto energético, ya que el aire, una vez superado el estado transitorio, ingresa ya en movimiento al ventilador. Pero, por otra parte, al tratarse de un circuito cerrado al que se le está suministrando la energía que pierde por fricción, se produce una elevación de la temperatura, la cual debería mantenerse a un nivel constante para mantener el estado estacionario y evitar calentamiento excesivo en cualquier zona del sistema.

Por esta razón, debe efectuarse en forma continua una purga de aire, y reposición de cantidad equivalente de aire de refresco.

La cantidad de aire a reponer surge de la aplicación simultánea de los balances de materia y energía, y se calculó que para evitar la elevación de la temperatura en las condiciones de diseño, debería asegurarse la renovación de un 2% del caudal circulante. A conclusión similar deberían llegar los estudiantes luego de aplicar los balances de materia y energía al circuito cerrado.

Esta práctica se implementó por primera vez en el segundo cuatrimestre de 2009, bajo las mismas condiciones que la anterior (cambio por una de las prácticas programadas). En ese caso no se puede reportar un resultado exitoso, ya que sólo una comisión concurrió a tomar las medidas, y no terminó porque sus integrantes perdieron la regularidad del cursado antes de entregar el informe. Se propuso nuevamente en 2010, y se pudo comprobar que los informes revelaban gran dedicación y capacidad de análisis. No se ha vuelto a repetir, previéndose proponerla nuevamente durante el segundo cuatrimestre de 2012.

2.3. Medición de coeficientes de arrastre y sustentación.

La medición de los coeficientes se hizo sobre cuerpos de diferentes formas y tamaños, práctica en la que deben aplicarse conocimientos de arrastre y sustentación, análisis dimensional y capa límite. Antes de disponer del túnel de viento cerrado se habían medido coeficientes de arrastre en un pequeño túnel abierto, con formas típicas (disco en diferentes posiciones, cilindro, esfera, perfil NACA).

A partir de la construcción del túnel cerrado, y sobre la base del interés manifestado por los estudiantes en el estudio de formas propias, centradas principalmente en el estudio de diferentes tipos de automóviles, se propuso la construcción de modelos de su interés, en una escala que pudiera ser ensayada dentro del túnel. Esto orientó la práctica no sólo a la medición de fuerzas de arrastre y sustentación, sino a la distribución de presiones y determinación del rango de validez de los resultados hallados. En este último tema se debían aplicar los conceptos de análisis dimensional y semejanza, motivando el análisis crítico de los factores de escala entre los modelos ensayados y los prototipos.

Esta práctica se llevó a cabo por primera vez en el segundo cuatrimestre de 2010, y a propuesta de los alumnos se diseñaron experiencias que condujeron al análisis de distintos fenómenos asociados a las carreras automovilísticas como la succión de un auto respecto de otro ubicado adelante, estudiando distintas variables como distancias, posiciones, velocidad del aire, estela asociada, etc.

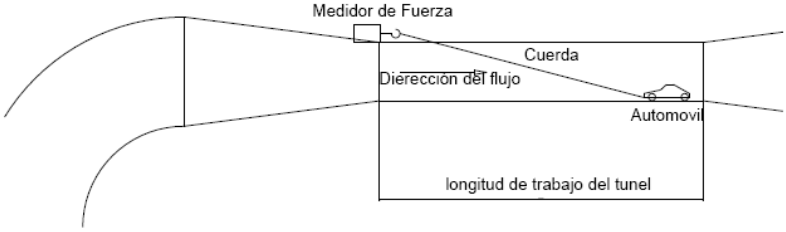
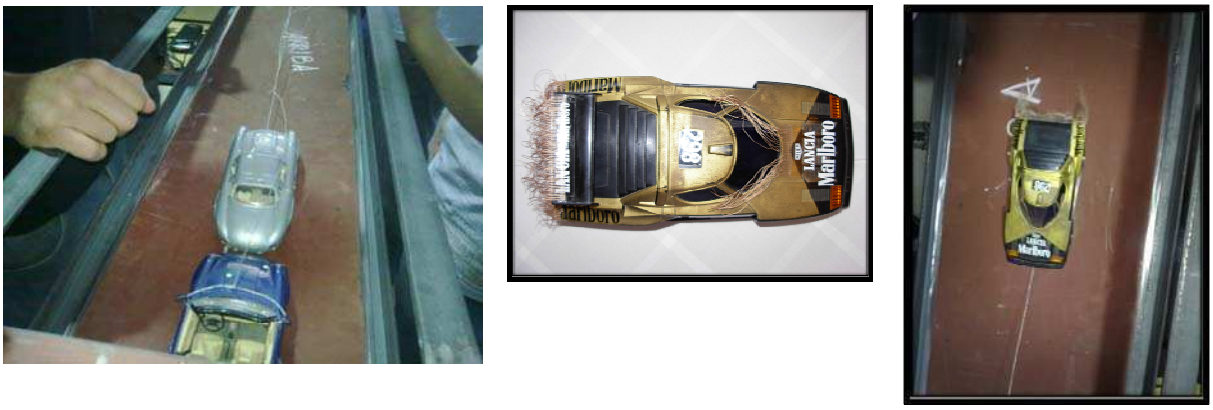


Figura 5 *Esquema de la ubicación de los modelos y el sensor de fuerza en el túnel de viento.*



(a) (b) (c)

Figura 6 *(a) Medida de la fuerza de arrastre ejercida sobre dos modelos en serie; (b) Modelo con flecos para visualizar el efecto de la corriente de aire; (c) El mismo modelo, en un ensayo.*

Ésta fue la experiencia que más interés despertó. Se ha repetido en 2011 y 2012, pero se ha notado que la información se ha propagado de un curso a otro, motivando una pérdida de originalidad en las propuestas.

2.4. Factibilidad de utilizar el túnel para experimentación con distintos fines.

Se proponen tres líneas: medición de dispersiones de contaminantes, erosión eólica, parámetros de transporte neumático.

Para llevar a cabo el estudio de la ***dispersión de contaminantes*** sobre un modelo a escala, se debe generar la capa límite atmosférica [1,2] propia de la ubicación del sitio a estudiar. Dentro de este estudio se deben tener en cuenta la topografía terrestre y las construcciones aledañas.

Como las medidas del túnel son reducidas, las mediciones sólo pueden ser consideradas como una aproximación [3, 4, 5].

La ***erosión eólica*** es estudiada para poder evaluar el efecto del viento sobre diferentes tipos de suelos y/o superficies expuestas a vientos locales. De esta forma se puede estudiar cómo el viento afecta a los suelos en sectores rurales bajo determinadas condiciones o por la presencia de edificios, cortinas de viento, etc.

En este caso se trata de estudiar el efecto del arrastre del viento sobre las partículas que constituyen el suelo en determinada localización [6,7].

El ***transporte neumático*** es ampliamente utilizado en las industrias para el transporte de materiales sólidos a granel. Además de ser sólidos, los materiales deben ser secos, no cohesivos, de fácil escurrimiento por gravedad y relativamente finos [8, 9, 10]. En este caso, los alumnos deben determinar las condiciones de operación del túnel de viento para hacer ensayos de transporte neumático, además de las modificaciones que deberían hacerse en el túnel.

Para las tres propuestas, se propone inducir la verificación del alcance de las medidas hechas en el equipo, mediante la determinación de la escala apropiada del modelo para la cual el trabajo sería válido y plantear qué alcance tendrían las medidas realizadas en el túnel en cuanto a simular velocidad del viento y topografía el terreno.

Las experiencias propuestas en último término (dispersión, erosión y transporte) no se han implementado aún.

3. CONCLUSIONES.

Como ya se ha detallado, gran parte de las experiencias propuestas para el túnel se han ido incorporando a partir del segundo cuatrimestre de 2009. En la actualidad éstas integran las prácticas obligatorias de laboratorio, requisito para el cursado de la materia.

La metodología a seguir ha sido orientada a la incentivación del interés por las prácticas de laboratorio, partiendo de la construcción de un densímetro casero, el que tuvo que ser calibrado y utilizado para determinar la gravedad específica de diferentes fluidos, entre ellos el aceite del micromanómetro. Posteriormente se tomaron medidas de velocidades en distintos puntos de la sección de trabajo, integrándolas para obtener el caudal de aire, y finalmente se midió la fuerza de arrastre para distintos objetos emplazados en el interior del túnel.

Se esperaba conseguir, por medio de este conjunto de experiencias, que los conceptos impartidos en la asignatura Mecánica de los Fluidos no constituyeran compartimientos estancos, sino que los estudiantes tuvieran la capacidad de relacionarlos a medida que avanzaba el cuatrimestre, fijando de esta manera el conocimiento de algunos principios fundamentales.

El resultado hasta ahora ha sido bastante satisfactorio, dependiendo de la composición de los diferentes grupos que han pasado por la asignatura. Se ha notado, en general, mayor interés en aquéllos que cursan durante el segundo cuatrimestre, que constituye la ubicación de la materia según el plan preferencial de la carrera, que en quienes que lo hacen durante el primer cuatrimestre, en los que se incluye un porcentaje importante de recursantes.

Por otra parte, la consigna de condensar en un solo informe toda la práctica de laboratorio, en el convencimiento de que de esta manera se consigue una visión integral de los conceptos abarcados, recién se implementó en el primer cuatrimestre de 2012, obteniendo el resultado esperado en algunos casos, pero en otros los estudiantes incluyeron varios informes en un solo archivo, sin establecer un nexo entre ellos. En ese sentido, se espera que la elaboración y distribución de consignas más precisas conduzca al resultado esperado para la totalidad de los alumnos.

4. REFERENCIAS.

[1] De Bórtoli M.E., Natalini B., Palauch M.J., Natalini M.B. (2002). "Part-depth wind tunnel simulations of the atmospheric boundary layer". *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 90, 281-291*.

[2] Wittwer A.R., Loredo-Souza A.M., Camaño Schettini E.B. (2003), "Modelagem do vento atmosférico para estudos de dispersão em túnel de vento". *Revista Ciência & Natura, Vol.Especial, "III Workshop Brasileiro de Micrometeorologia", 217 -221.*

[3] Schatzmann M., Rafailidis S., Pavgeau M. (1997). "Some remarks on the validation of small.scale dispersión models with field and laboratory data", *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 67 and 68, 885-893.*

[4] Anderson, A. M., and J. Losaw. (2002). "Using race car aerodynamics to teach mechanical engineering students about fluid mechanics". *ASEE Annual Conference Proceedings: 4999-5014, Montreal, Canadá.*

[5] Katz J. (1995). *Race Car Aerodynamics. Designing for Speed*, Bentley Publishers.

[6] Herrmann H.J., Andrade J.S., Araújo A.D., Almeida M.P. (2006). "Transport of particles in fluids". *Physica A, 372, 372-386.*

[7] Schatz V., Herrmann H.J. (2006). "Flow separation in the lee side of transverse dunes: A numerical investigation". *Geomorphology, 81, 207–216.*

[8] Cabrejos F.J., Klinzing G.E. (1995), "Characterization of dilute gas-solids flows using the rescaled range analysis". *Powder Technology, 84, 139-156.*

[9] Rabinovich E., Kalman H. (2008). "Generalized master curve for threshold superficial velocities in particle-fluid Systems". *Powder Technology, 183, 304-313.*

[10] Rabinovich E., Kalman H. (2008). "Boundary saltation and minimum pressure velocities in particle-gas systems". *Powder Technology, 185, 67- 79.*

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Departamento de Ingeniería y a la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur (UNS) por el soporte económico de este proyecto. También agradecen al personal del Laboratorio de Hidráulica por su contribución en la construcción y puesta en marcha del túnel de viento, y al grupo de la División Ingeniería del Viento de la Universidad Nacional del Nordeste por su asesoramiento desinteresado.
Las figuras y fotos incluidas en el trabajo han sido extraídas de los informes presentados por los alumnos de la cátedra de Mecánica de los Fluidos del Departamento de Ingeniería de la UNS.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Instalación de Una Central Eléctrica Escuela

Labriola, Carlos V. M., Toppi, Daniel, Avila, Marcelo, Ludueña, Gustavo, Palavecino, Alejandro [1]

Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios de FER.
Buenos aires 1400 (8300) Neuquén.
carloslabriola54@yahoo.com.ar

[1]Empresa de Energía Rio Negro S. A., Menguelle 312, Cipolletti, Río Negro, Argentina
E-mail: apalavecino@gamil.com.ar

RESUMEN.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue se está instalando una Central Eléctrica Escuela con Combustibles Renovable Combinados (CEECRC). Dicha instalación se ha realizado en diferentes etapas:

1. Concepción y Diseño conceptual de la CEECRC: se materializa a partir de la formulación del proyecto de Investigación FAIN 4/160 y solicitud de espacios en la UNCo para su instalación.
2. Análisis de demanda a suplir, despacho de generación y evaluación del CO2 evitado de emitir a la atmósfera por el uso de combustibles renovables (eólico, hidráulico, biogas y biodiesel).
3. Instalación de la primera etapa de generación por medio de energía eólica e hidráulica.
4. Desarrollo de los biocombustibles: análisis de disponibilidad de biomasa para biogas y de aceite usado doméstico y de restaurantes, y desarrollo de cultivo de microalgas para biodiesel.
5. Instalación de la segunda etapa de generación por biocombustibles.

En la formulación y diseño conceptual se establecieron los recursos disponibles como ser desarrollos propios (eólico y microhidráulico) y equipamiento disponible y por obtener (generación térmica a partir de la biomasa). También se hizo un análisis de riesgo con herramientas holísticas poniendo énfasis en las cuestiones no técnicas ya que son las de mayor incertidumbre [1]. Esto permitió renovar y formalizar pedidos de espacios y equipamiento.

Los objetivos y metas de la CEECRC en el proceso de enseñanza aprendizaje se centran en que el alumno consolide los conceptos obtenidos en distintas asignaturas mediante una tarea de operación, supervisión y control de sistemas electromecánicos. Así la multidisciplinariedad se concreta con una metodología que permite consolidar el objeto ontológico del conocimiento en algo concreto a través de la práctica. Esta metodología se basa en la observación del comportamiento de los dispositivos que se están operando [2], teniendo una programación adecuada de su funcionamiento mediante un despacho de generación según disponibilidad de combustible y necesidades de la carga. Cualquier situación fuera de esta programación será una condición extraordinaria o de falla, que luego de la vuelta al programa de generación se estudiará detenidamente [3].

Palabras Claves: Central, escuela, recurso, combustible, renovable.

1. INTRODUCCIÓN.

Se ha desarrollado el proyecto de una Central Eléctrica Escuela tomando como referencia la existente en el Instituto de Energía Eléctrica de la Universidad Federal de Méjico, (IEE), la cual era una central termoeléctrica de 40MW de calderas intercambiables, para prueba "in situ" de materiales especiales para calderas y accesorios, dada la calidad de petróleos sulfurosos que se extrae en Méjico [4]. La utilidad a futuro del proyecto se basa en dos ejes de acción:

- La Capacitación de alumnos y docentes jóvenes en operación [5], mantenimiento e ingeniería de una Central Eléctrica con conversores de Energía Renovable en Red inteligente.
- La gran cantidad de empresa generadoras de energía (térmica e hidráulica) en la Región Comahue así como también de Cooperativas de distribución eléctrica, con necesidad de mano de obra calificada.

La idea de llevar a cabo esta central se ve reforzada a partir del año 2003 en adelante, que es cuando se comienza a desarrollar una conciencia a nivel nacional de valorización de las FER y el Hidrógeno por la escasez de hidrocarburos en el mercado local.
Así es que este proyecto dista del mejicano en el origen de la energía ya que aquel se refiere a los hidrocarburos y el nuestro a las FER y su optimización con red inteligente.

A partir del año 2009 se comienza a elaborar el proyecto en el Departamento de Electrotecnia (DE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue (FIUNCo) a cargo del Grupo de Energía y Sustentabilidad (GES) a través del Proyecto de Investigación Aplicada FAIN 4/160 "Central Eléctrica Escuela a partir de Combustibles renovables Combinados" (CEECRC) que comienza a realizarse en el 2010 [6]. La FER disponibles en Neuquén Capital son: Eólica, Solar, Biomasa y Micro-hidráulica y los conversores de energía son a partir de equipamiento desarrollado por los Grupos de Investigación Aplicada Consolidados (GIC) y equipamiento disponible donado por empresas privatizadas y del petróleo, con posibilidad de poner en servicio. Paralelamente se vio en la necesidad de disponer de un espacio en la barda cercana a los edificios de ingeniería, para ensayar el equipamiento de ER de desarrollos propios, de emprendedores y empresas locales [7]. Como integración de todas estas acciones se concretó la ceración del Centro de Estudios y Análisis de Fuentes de Energía Renovable consolidando la acción conjunta de los GIAC de la FIUNCo [8]..
En 2008, se desarrolló un estudio de demandas y localización de interconexiones a la red eléctrica de Media Tensión de la UNCo para el análisis de cargas y solicitación de nueva potencia disponible para reducción de costos de energía [9]. Como resultado de estos estudios se pudo tener datos de las variaciones de la demanda de la FIUNCo y la tendencia de crecimiento de la misma. Se pudo observar un pico de demanda de 120kW, frente a una potencia máxima declarada de 55kW. Además se observó que la demanda máxima de energía de 30288kWh que dividido por las horas del mes nos daría una potencia necesaria de 42kW.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO.

2.1. Recursos Renovables disponibles.

Todo emprendimiento con FER necesita un muy buen estudio de los recursos renovables, ya que las variables energéticas de las FER a veces son muy sensibles a la variabilidad climática. Éste es el caso de de la Energía Eólica con la velocidad del viento (v_w) ya que la Potencia y Energía Eléctrica son proporcionales a la v_w^3. Una pequeña variación en la estimación de esta velocidad puede variar grandemente en la obtención del producto que es la energía eléctrica. Además de ser a veces muy localizadas y lejanas a la demanda, otro factor a considerar de e las FER es que tienen una disponibilidad del 100% todo el día. A los sumo algunas son cíclicas en el día (Solar y Mareomotriz) o estacionales (Eólica y Undimotriz). Para el caso de la CEECRC las fuentes disponibles en la Confluencia de Neuquén capital son:

- Eólico: particularmente sobre la barda lindante con los edificios actuales. El Grupo de Ingeniería del Viento (GIV) del Depto. de Mecánica viene midiendo el viento de hace décadas y el resultado

ha sido que la velocidad del viento promedio anual es de 5m/s con una dirección preponderante del Oeste-sudoeste y densidad de alrededor de 1,2kg/m^3.

- Hidráulico: El Laboratorio de Máquinas Hidráulicas (LAMHI) viene analizando recursos Micro-Mini Hidráulicos en Neuquén con gran experiencia en maquinaria Hidráulica. La UNCo dispone de un desnivel entre el tanque mayor de riego y lugar solicitado para emplazamiento micro-hidráulico [7] de 3 a 5kW con un salto del orden de 15m.
- Solar: el GIV mide además la radiación solar y ha detectado que los valores alcanzados particularmente en primavera-verano en la zona de la FIUNCo son similares a los típicos de la zona del Nor-Oeste argentino. La energía solar promedio es de 4,5KWh/m2 y en verano de 7,5KWh/m2.
- Biomasa: El Grupo de Energía y Sustentabilidad (GES) ha estudiado la generación de biomasa en la FIUNCo y la región. La biomasa mas cercana que dispone la FIUNCo es la generada en las oficinas (90% residuos de yerba mate) y en el comedor Universitario. También se esta desarrollando con alumnos de Ingeniería Química, tecnología para el cultivo de microalgas para la obtención de lípidos para producir biocombustible. El comedor produce aceite usado de fritura el cual convenientemente filtrado e hidrogenado permitirá obtener biodiesel. Luego se ampliará la obtención de biodiesel con lo producido por las algas. La materia Orgánica de desechos comestibles se usará como base para el engorde de Biodigestor de proceso semi-continuo para la obtención de Biogas.

Finalmente para la generación de energía eléctrica se han escogido las Fuentes Renovables siguientes: Eólica, Micro-hidráulica y la Biomasa. La Solar Fotovoltaica, por sus costos se la considera como a instalar, si es necesaria a futuro. Lo solar térmico se verá en función de necesidades localizadas en los edificios y de proyectos nacionales [10].

2.2. Reingeniería y Diseño Conceptual.

Durante el diseño conceptual se priorizó la reingeniería y el uso de desarrollos propios obtenidos de los proyectos Técnicos y Sociales desarrollados por los GIAC durante la ultima década. Los aspectos tenidos en cuanta fueron:

- Tecnología: Se le da prioridad a aquella disponible en la región, ya que permite poder ser replicada para lugares que no tienen accesibilidad a servicios, cuyos usuarios puedan realizar las instalaciones y mantenimiento de todo o alguna de sus partes, promoviendo el mercado regional.
- Desarrollos propios de la FIUNCo: dado el trabajo conjunto de los GIAC y llevados a cabo en el ámbito del Centro de Estudios de Fuentes de Energía Renovable (CEFER)(2). Se ha desarrollado ya sea como Tesis de Grado, Postgrado , Trabajos Finales de promoción de asignaturas [10], [11], [12], y proyectos locales y Nacionales, lo siguiente:
  - Turbinas eólicas de eje vertical y horizontal adaptadas a los vientos de la región patagónica, junto con microturbinas Turgo para complementarse mediante acumulación de agua en la generación bi-renovable de energía y aumentar la disponibilidad de la misma para un uso determinado.
  - Procesos para obtención de biogas de deshechos de comida, a partir de bacterias de digestión anaeróbica.
  - Proceso para obtención de biodiesel de aceite usado de cocina, teniendo en cuenta el equilibrio en la generación de CO_2. E
  - Paneles solares planos para agua caliente, desalinizadores y diseños con paneles fotovoltaicos y acumulación en baterías de Pb-Ac.
- Replicación de los desarrollos en base a la tecnología elegida: La ventaja de estos desarrollos anteriores es que al integrarlo con el concepto de tecnología disponible, permite instalación y mantenimiento accesible por los usuarios con breve capacitación, lo que resulta en fácil replicación para lugares aislados y posibilidad de emprendimientos de fabricación por parte de los alumnos.
- Diseños adaptados al comportamiento de los recursos renovables y usuarios de Argentina en general y de la región Patagónica en particular: hacer una reingeniería de lo que se ofrece en el mercado nacional e internacional adaptado al comportamiento de los vientos patagónicos (que

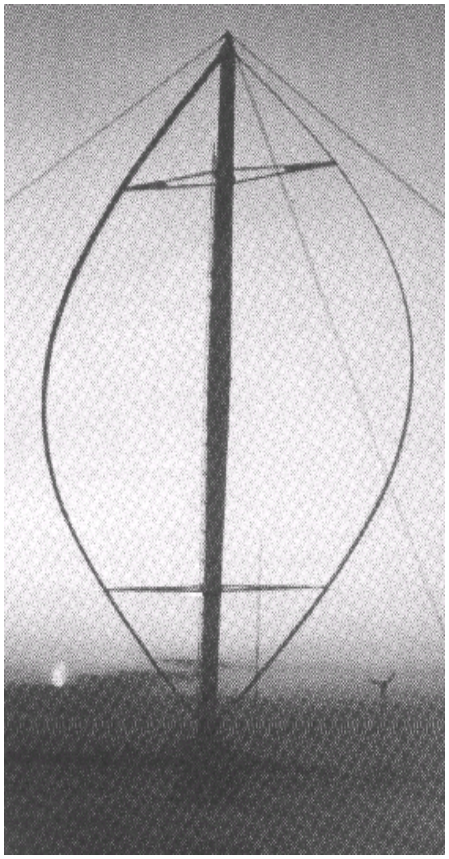
dista mucho de los del hemisferio norte), del tipo de aguas fluviales y pendientes cordilleranas, de las costumbres en el uso de de energía térmica, etc.

- Análisis de generación de CO_2 durante el ciclo de vida a partir de las horas hombre de diseño, obtención de materiales de las partes, conformado de partes, ensamblado, instalación, operación, mantenimiento, desarme al final de vida útil y reciclado de partes [11]. También se trata de elegir el combustible renovable que por reemplazo o desmonte de flora autóctona, no produzca mayor cantidad de CO_2 que el fijado por la vegetación original ni que por su origen, no incremente el precio de los alimentos, caso de oleaginosas o alcoholíferas. Este tema es muy delicado en particular en la elección de materia prima orgánica en el uso de la biomasa.

2.3. Elección de materiales y construcción del equipamiento electromecánico

Para el caso de Energía Eólica, cuyas turbinas son las que se pondrán primero en servicio (cuarto trimestre del 2012), la Tablas 1 y 2 detallan el equipamiento y los materiales para realizarlo:

Tabla 1 *Turbina de Eje Vertical Darrieus-Troposkien*



Características relevantes:

- Es la única turbina de eje vertical comparable con las de eje horizontal por ser ambas eólicas rápidas (Cp máximo con velocidad específica λ= 5 a 7).
- Poseen un Coeficiente de extracción de potencia máximo de Cp=0,37 con tecnología de aluminio muy cercano al de turbinas de eje horizontal Cp=0,42.
- Son omnidireccionales y no necesitan sistema de orientación para el viento, sobretodo durante el cambio su dirección durante las ráfagas (sucede el 70% de las veces que hay ráfagas) [13].
- Poseen sus partes electromecánicas pesadas a nivel del suelo o cercano a él, facilitando el montaje y mantenimiento. Esto permite además el uso de malacates con mástiles escuadrados en vez de grúas hidráulicas de alto costo horario de uso.
- El rotor se ha diseñado con materiales compuestos de fibra de vidrio bi-direccional y resinas poliéster, muy livianos y resistentes como el acero pero de mucho menor espesor y peso.
- El perfil de las aspas biconvexo o sea simétrico lo que permite una fácil y rápida confección artesanal del rotor.
- Se ha elegido el rotor tipo Darrieus con catenaria Troposkien en vez de la configuración H-darrieus dada la rigidez ante los esfuerzos localizados que da la catenaria.
- Si bien este tipo de rotor no tiene par de arranque, es posible dárselo con adición de pequeños rotores Savonius en los vértices superior e inferior.
- Se realiza inicialmente una turbina de 5kW que se ensayará y servirá de modelo para realizar una de 50kW, tratando de que esta sea a su vez modelo de una de 250kW.
- El control de potencia para turbinas de mas de 5kW, se realizará con aspas móviles paralelas a las fijas del rotor, que también en cierto ángulo permiten auto-arranque [14].

En la CEECRC, se recuerda en los objetivos que no sólo es la generación de energía eléctrica lo prioritario sino también la capacitación interna y externa a la FIUNCo. Por ello se ha tratado de que a partir del conocimiento generado en los desarrollos propios no solo tener la optimización de equipamiento para las características de las FER de la región Comahue, sino también la variedad posible en base a la tecnología disponible. Es por ello que disponemos de dos tipos de turbinas eólicas para que la gente que se va a capacitar vea las bondades de ambos desarrollos.

Tabla 2 *Turbina de Eje Horizontal con eje de dos aspas.*

Características relevantes:

- Se ha elegido de dos aspas para reducir la multiplicación entre rotor y generador ya que la velocidad del rotor es inversamente proporcional al número de aspas.
- Es de fácil colocación hasta 20m de altura con potencias de hasta 5kW dependiendo de la velocidad media del lugar.
- El rotor se ha realizado con diseño Ställ de control de potencia, o sea que a partir de la velocidad nominal la entrada en pérdidas en el aspa en su largo se incrementa para mantener una potencia constante a la salida.
- Posee un freno de emergencia y manual ante empalamientos por ráfagas.
- Poseen sus partes electromecánicas de tecnología disponible en la Región (auto-partes, accesorios de corralón, etc.)
- Se piensan para ser montadas en torres de hasta 20m de tubbing, estructural o reticulado de perfil de hierro.
- Puede izarse la torre con la turbina sin rotor, mediante malacate y mástiles en cuadratura.
- Está pensada para generar en CC entre 1 a 5kW, con generador de IP y luego con inversor generar corriente alterna si es necesario. Se puede acumular en baterías antes del inversor mediante regulador de tensión apropiado [15].
- El rotor se ha diseñado con materiales compuestos de fibra de vidrio bidireccional y resinas poliéster, que son muy livianos y resistentes.
- La nariz en el cubo y la carcaza también son de materiales compuestos como el rotor lo que facilita el ensamble del rotor a la góndola en altura.

En el caso de la turbina Microhidráulica, se ha elegido un tipo de turbina que permite ser utilizada con alto caudal y/o alta altura de cabeza del reservorio o toma del fluido a turbinar. Esta turbina es del tipo Turgo [16] y podemos apreciar sus detalles y características en la Tabla 3. Su instalación esta prevista inmediatamente después de las turbinas eólicas.

Para el caso de la Biomasa hemos dicho que hay dos tipos de recursos seleccionados: la biodigestión anaeróbica para la obtención de biogas y la hidrogenación de aceite vegetal usado o de algas para la obtención de biodiesel.

Para el caso de la obtención de biogas, que es el recurso de biomasa que primero se elaborará, se han elegido los biodigestores enterrados en recipientes de tela plástica como se muestra en la Tabla Nº4. Se trata de minimizar las necesidades de aislantes enterrando los biodigestores cuyo recipiente es una tela especial similar a la de los tanques de combustible de los aviones medianos. El hecho de estar enterrados en un 90% permite disponer de una temperatura mínima de 16ºC que es la temperatura de la tierra y para la digestión anaeróbica a partir de estiércol animal la temperatura mínima de supervivencia de las bacterias es de 14ªC. Como se ve en la Primera figura de la Tabla 4, el biodigestor de hincha permitiendo tener una presión que permite habilitar un presostato para ser envasado por compresor para ser almacenado en un zeppelín. El procesos semi-continuo se desarrolla con mas de un digestor de tal manera que para un tiempo de retención de 40 días, en el caso de ser dos, tengan la capacidad de acumulación de Materia Orgánica (MO) de 20 días, así tanto el llenado como el vaciado se realice con un desfasaje de 20/30 días, según temperatura en el digestor y tipo de MO.

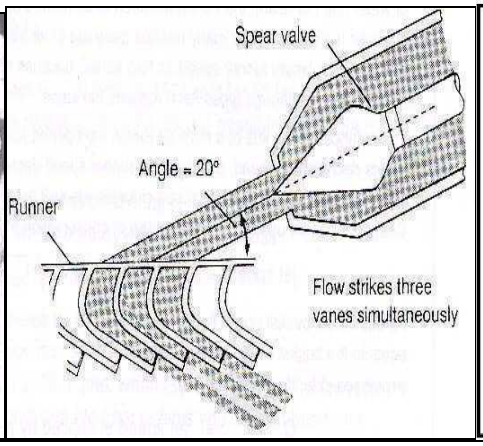
Si bien cada biodigestor es del tipo Batch (carga y descarga completa) el proceso de desfasar la carga entre ellos permite que la generación de gas sea casi continua. La integración de la generación de gas se hace al acumularlo en un zeppelín. Si bien es un poco laboriosa la descarga del biodigestor para una carga posterior, se garantiza de esta manera que toda la MO este digerida y los barros que

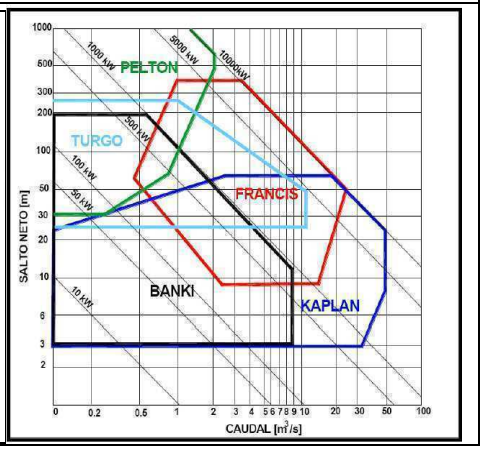
quedan sirvan de compost para uso posterior. Los digestores continuos tienen la situación de que la MO extraída por el extremo opuesto a la carga no está completamente digerida con el riesgo de olores y contaminaciones.

Tabla 3 *Turbina Micro-Hidraulica Turgo*

Características relevantes:

- La turbina Turgo tiene la particularidad de poder ser usada con flujo libre o confinado o sea de acción o reacción.
- Dicha característica le permite realizar trabajo mecánico en un rango de aplicaciones que abarca al de las turbinas Banki o flujo transversal, Pelton de 1 a 4 jets, Francis y Kaplan de geometría fija, según se muestra en el gráfico de la fila de abajo [17].
- El rotor es plástico de fácil recambio y accesible en precio. Además el mantenimiento de la turbina lo puede realizar el usuario.
- El uso con flujo libre o confinado lo da la altura de cabeza disponible; alguna decena de m implica flujo confinado y varios decenas a cientos de m flujo libre.





Para el caso de los biocombustibles líquidos a usar del tipo biodiesel, se tomará un tiempo de desarrollo del proceso (obtención /purificación de aceites/lípidos, hidrogenación, uso posterior del subproducto glicerina, etc.) de unos dos años de instaladas las turbinas eólicas. Esto de ha definido así, ya que hay que estar muy seguros del proceso y del volumen necesario de combustible a producir y de un plan de fabricación del mismo según un porcentaje del crecimiento de la demanda, ya que el biogas esta acotado a la MO generada en la Universidad y las turbinas eólicas ingresan por módulos, múltiplos de decenas de kW.

Resumiendo, el cronograma de instalación se toma a partir de la obtención de permiso del Consejo Superior y rectorado de uso de áreas solicitadas para FER en el predio de la UNCo. Esto ocurre en agosto del 2012. A partir de allí se adecuarán los sitios para que sean seguros ante el vandalismo y se harán las canalizaciones necesarias para la recolección de energía y supervisión del equipamiento. Entonces durante el primer año se instalarán los equipos eólicos e hidráulicos de baja potencia. En el segundo año el proceso de biogas y se ampliará la generación eólica. Luego en el tercer año se implementará el grupo electrógeno de biogas y el plan de generación de biodiesel. En el cuarto año se implementará el grupo electrógeno asociado al biodiesel.

Los grupos electrógenos poseen motores de combustión interna polivalentes se muestran en tabla Nº5 y son provistos en comodato por una firma de la región, lo que permitirá tomar experiencia en su uso y además a la empresa de capacitar personal de usuarios en su operación y mantenimiento.

La ventaja de ser polivalentes en combustible, permitirá también probar el uso de biogas por inyección en los cilindros como único combustible o por aspiración en la entrada del aire del motor a biodiesel. Se sabe que este caso solo funciona bien cuando el motor trabaja en su punto de potencia nominal.

Tabla 4 *Biodigestores*

Características relevantes:

- Los biodigestores son Batch desfasados en carga y descarga para la obtención de gas en un proceso semi-continuo o cuasi-continuo [18].
- Esta forma de uso de los biodigestores permite minimizar olores, contaminaciones y obtener un compost completamente digerido para uso posterior como fertilizante orgánico.
- La biodigestión anaeróbica tiene el siguiente proceso para la generación de biogas:
  - **PRIMERA ETAPA:**
  - Ocurre una hidrólisis generalizada de la materia orgánica compleja adicionada al digestor, realizada por encimas producidas por diversas bacterias: proteolíticas, lipóticas y carbolíticas, que destruyen inicialmente las proteínas, grasas y carbohidratos presentes.
  - **SEGUNDA ETAPA:**
  - El producto de la primera etapa, es tomado por un segundo tipo de bacterias, conocidas generalmente como acidogénicas, que transforman la materia orgánica hidrolizada, en ácidos orgánicos de bajo peso molecular, principalmente ácido acético (CH3COOH) y ácido propiónico (C2H5.COOH).
  - **TERCERA ETAPA:**
  - Los ácidos de bajo peso molecular obtenidos, son a su vez tomados por un tercer grupo de bacterias, llamadas propiamente metanogénicas, que los transforman en Gas Metano y Dióxido de Carbono.
- Se ha ensayado el proceso completo de obtención de biogas según se muestra en la figura de la izquierda donde se ve el digestor a llenar en recipiente de 20l, tanque deshumidificador y medidor de biogas en litros. Luego el filtro de ácido sulfhídrico y finalmente el anafe para quemar el biogas que tiene aproximadamente una composición de 60% de metano y 40% de CO2. Su poder caloríficos en de un tercia a la mitad del gas natural.

Podemos ver que teniendo varias fuentes de generación a partir de FER, siempre habrá alguna generando parte de la demanda de la FIUNCo/UNCo. Lo que se busca es generar una fracción de lo que se compra a Distribuidor CALF. Esto será así hasta que haya una ley que permita cogenerar al usuario para la venta al distribuidor a precio conveniente. Mientras tanto lo que se busca es reducir la Potencia contratada y por lo tanto la Energía Consumida.
En caso de que la generación supere la demanda de la UNCo, se conectarán cargas de servicios comunes de la UNCo como ser: iluminación perimetral y de paseos, riego, etc. Se ha propuesto una iluminación perimetral del camino que bordea la barda (Ver Figura 1) mediante artefactaos de exterior en columnas de alumbrado con LEDs para maximizar el área iluminada con el menor consumo.

Tabla 5 *Grupos Electrógenos de combustible polivalente.*

- **Grupos Electrógenos tipo DEUTZ** [19]**:**
- Los motores de combustión interna acoplados a los generadores trifásicos de 100kVA permiten usar biogas o biodiesel. También si fuera el caso se podría usar gas de pirólisis de madera.
- Se probara la pirólisis de la glicerina que es subproducto del biodiesel, que si bien tiene poder calorífico menor queda como residual de proceso de hidrogenación del aceite. Al acumularse cierta cantidad se la podrá pirolizar y usarla gasificada en un grupo electrógeno.
- Si bien se suponen dos grupos electrógenos de 100kW iguales, uno para biogas y otro para biodiesel. Pero se pueden hacer de módulo de potencia mas grande previendo el crecimiento de la demanda.

En la Tabla 6 (8), se muestra la proyección del crecimiento de la demanda en la FIUNCo que tiene una tasa 11,2% promedio anual de crecimiento.

Tabla 6 *Demanda y Generación prevista para la FIUNCo según demanda acumulada prevista*.

Caso	**Procedencia**	**Período de instalación estimado**			
		1º Año	**2º Año**	**3º Año**	**4º Año**
Demanda Acumulada (kW)	FIUNCo Max.	120	135	150	170
Generación disponible (kW)	Hidráulica	5*			1
	Eólica	5+5*	50		
	Térmica			100	100
	Total Acumulado	15	65	165**	246 **
% Gen./Dem.		12,50%	33,33%	110%	160%

Notas:
*: Cuando no hay viento se genera en forma microhidráulica o sea que no generan simultánemamente las eólica e hidráulicas sino que están integradas para generar un módulo de 5KW según disponibilidad alternada de recurso renovable.
**: El Excedente se inyecta a los servicios comunes de la UNCo

3. INSTALACIONES PREVISTAS.

Como se anticipó en puntos anteriores se han solicitado espacios dedicados a la instalación de equipamiento de FER a la UNCo (XX). Estos espacios se han incorporado a las pautas del Plan Maestro de crecimiento edilicio de la UNCo [20], delimitándose zonas cuyo fin es de muestra de los desarrollos realizados en la UNCo/FIUNCO a la manera de parques/sectores temáticos. Es por ello que se han establecido las siguientes áreas solicitadas cerca de la barda Norte del emplazamiento Confluencia de la UNCo, según se muestra en Fig. Nº1:

- Área de uso Solar e Hidráulico: sector de izquierda de 500m2, para instalación de turbina micro-hidráulica Turgo y espacio para ensayo de equipamiento solar térmico y fotovoltaico.
- Área de uso Eólico: sector triangular central para instalación de turbinas eólicas de eje horisontal y vertical.

- Área de uso Térmico: Sector rectangular al lado de galpón de talleres de la FIUNCo. Se instalará la generación térmica con acceso a la red de BT de la FIUNCo e iluminación perimetral de bardas.
- Área de Distribución de energía en MT: recientemente se ha incorporado la idea de disponer de una Subestación elevadora de BT/MT inicialmente para capacitación en maniobras y mantenimiento de SE en BT y MT [21]. Luego se verá, al ampliarse la generación la posibilidad de distribución a otros consumos de la UNCo en MT o incluso vender, legislación mediante, al distribuidor en MT.

En la Figura 1 se muestra con línea punteada el tendido de BT que interconecta las distintas áreas temáticas de generación y su interconexión con la FIUNCo y la SE de BT/MT.

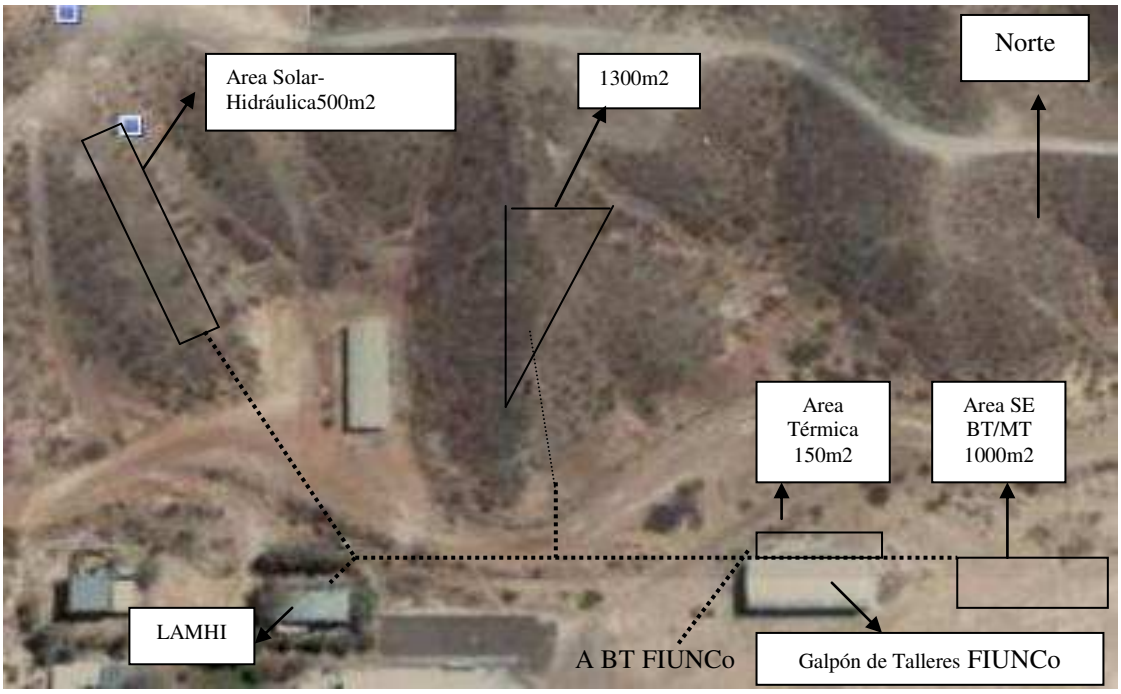


Figura 1 ***Áreas Temáticas solicitadas a la UNCo (4).***

Se han previsto las necesidades de tableros de protecciones, transferencia e interconexión con PLCs dedicados y se ubicarán en el Área Térmica solicitada ya que allí se accede a la red de BT de la FIUNCo, Como protecciones mecánicas y/o detección para mantenimiento predictivo se han previsto detectores de vibración presostatos/manómetros convenientes, detectores de alineación y termostatos/termómetros convenientes a usar uno o algunos de estos en cada tipo de generación.
Paralelamente a la ingeniería de detalle e instalación se ha desarrollado el software de supervisión, telemedición y control teniendo en cuenta rutinas de red inteligente asociadas a las protecciones eléctricas y mecánicas.Además se implementa un programa para la supervisión del equilibrio de la disponibilidad, oferta y demanda de energía entre generación y carga a abastecer. Este programa también dispone rutinas de red inteligente.
Las comunicaciones se previeron con un sistema de fibra óptica y FM redundante para obtener calidad y rapidez en la supervisión y control.

3. CONCLUSIONES.

Este es un proyecto multidisciplinario e interdisciplinario que tiene la ventaja de que los actores y responsables del mismo ya venían trabajando en proyectos conjuntamente y que naturalmente se fueron distribuyendo las responsabilidades en base a las disponibilidades y habilidades de cada GIC.

Al aparecer un problema en general se trata de resolverlo a la brevedad pero facilitando etapas posteriores al mismo para ganar el tiempo insumido en solucionarlo.
El análisis holístico ha permitido detectar las capacidades de cada GIC y potenciarlas con un incremento de la motivación en la gestión, donde ante un tema tecnológico determinado es tomado por el GIC con mas experiencia en el tema y los otros grupos se subordinan a las necesidades del responsable.
Se desacopló la Instalación del desarrollo de conocimiento asociado al proyecto dados los comabios administrativos en la UNCo que imprimieron mayores tiempos que los previstos.
Se espero que entre noviembre del 2012 y julio del 2013 esté en funcionamiento la primera etapa de generación eólico-hidráulica.

4. REFERENCIAS.

[1] Labriola, C. [1] Ferraris, I.(2010); Análisis de Riesgo aplicado a Proyectos de Enseñanza de la Ingeniería, *IICAIM*, San Juan.

[2] CAMMESA, 2000; *Recomendaciones a la operación de sistemas eléctricos.* Curso de operadores de Centrales termoeléctricas.

[3] Labriola, Carlos V.M. ;(2010). Desarrollo de una Central Eléctrica Escuela a partir de Combustibles Renovables Combinados. *Congreso Latinoamericano de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica*, Mar del Plata, Pcia. de Buenos Aires.

[4] IIE, 1980s: Proyecto: "*Central Termoeléctrica de 40MW de calderas intercambiables",* Instituto de Energía Eléctrica de la Universidad Federal de Méjico, (IEE).

[5] Labriola, C.: Cátedra: "Energía Renovable y Medio Ambiente", creada por contrato de Beca de Área de Vacancia por Postgrado en Universidad de Reading, FIUNCo, 2002.

[6] Labriola, C.: *Proyecto de Investigación y Desarrollo FAIN 4/160: "Central Eléctrica Escuela a partir de Recursos Renovables Combinados"*. Grupo G.E.S. de la FIUNCo. Director: Ing. Labriola, Co-Director: Ing. Pérez. Aprobado en marzo 2010 con alta calificación de evaluadores externos y mención por innovación. Período 1/ 2010 a 12/2013.

[7] Labriola,C.: *Expediente de solicitud de Predios para Ensayo y operación de Dispositivos de Energía Renovable*, iniciado 6/2010 para ser aprobado por Consejo Superior, con modificaciones en 4/2012, UNCo, Neuquén.

[8] Labriola, C.: *Creación del "Centro de Estudios de Fuentes de Energía Renovable"*, presentado en Consejo Directivo en 6/2010, formalizando las tareas que vienen desarrollando el GES, GIV y LAMHI desde 2009 en forma conjunta, FIUNCo, Neuquén.

[9] González, L.; Moya, M.: *Tesis de grado: "Estudio de Optimización Técnico-Económica en el uso de la Energía Eléctrica en la FIUNCo".* Departamento de Electrotecnia, Facultad ed Ingeniería, UNCo 2008-2009.

[10] Labriola, C., et. al., 2012: "Abastecimiento de Unidades Académicas de Ingeniería mediante Fuentes de Energía Renovable", trabajo presentado en el World Engineering Education Forum, octubre, 2012.

[11] Palavecino, A.: *Tesis de Postgrado: "Estudio del CO2 evitado por la Central Eléctrica Escuela de la FIUNCo"*, 2009-2012.Tesis presentada y aprobada junio 2012, en el ámbito de Maestría en Intervención Ambiental de la FIUNCo. Director: MSc. Ing. Carlos V.M. Labriola.

[12] Lässig, J. Labriola, C.: *Proyecto de Voluntariado Universitario 2010: "Energía Renovable para una mejor calidad de vida"*, Duirector: Ing. lassig, Co_Director: Ing. Labriola. Consta de desarrollo e instalación de turbina eólica de 1 a 5KW para Kultrum de Ceferino Namincurá en cercanías de Junín de los Andes.

[13] Lassig, J, Palese, C." Caracterización de los vientos en la Ciudad de Neuquén", Congreso latinoamericano de generación y Transporte de Energía Eléctrica, mar del Plata 1995.

[14] Labriola. C.: Tesis de Maestría: *"Study of Darrieus-Troposkien rotor for gust of wind regime in Patagonia, Argentina",* Calificación: A con mérito, University of Reading, Berkshire, Reino Unido, 12/2000.

[15] Lässig, J., Labriola, C.: *PICTO 2010: "Energía Eólica para sitios aislados de la Patagonia, Argentina"*, Director: Dr. Lässig, Co-Director: MSc. Labriola. Consta del desarrollo de dos

turbinas eólicas (1 a 5kW) , una de eje horizontal y otra Darrieus-troposkien, para sitios aislados en Santa Cruz y Neuquén. FIUNCo 2010-2012.

[16] ITDG, 2000: "*Manual de implementación Mini y Microcentrales Hidráulicas*", Intermediate Technologies Developments, Reino Unido.

[17] Marchegiani, A. – Desarrollo de Proyecto de Turbina Turgo de 1 a 5KW para el Ente Provincial de Energía del Nequén, marzo a septiembre 2010, FIUNCo, Neuquén.

[18] Biomasa, 2000 Curso de la "*Maestría en Energía Renovable y Medio Ambiente*", Universidad de Reading, Berkshire, reino Unido, 1999-2000.

[19] Palmero, 2011: "*Proyectos de generación eléctrica a partir de Fuentes de energía Renovable: Gasificación por Pirólisis de Madera, Biogas y Biodiesel*", propuesta para uso de Grupos Electrógenos con Combustibles Polivalentes, Consejo para el Desarrollo de Neuquén (COPADE) marzo 2012.

[20] UNCo, 2012: "*Plan Maestro Edilicio de la Universidad Nacional del Comahue*", aprobado por el Consejo Superior de la UNCo, marzo 2012.

[21] Wolham, C.: *Tesis de Grado: "Estación Transformadora didáctica de 13,2/0,400KV"*, Director: Ing. Rubén Pérez, presentada en agosto 2012, FIUNCo, Neuquén.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

III CAIM 2012

Aplicación de una herramienta automática para la enseñanza de Algoritmos y Lógica de Programación

Carrizo Blanca Rosa [(1)], Corso Cynthia Lorena [(2)], Olmedo Adriana [(3)]

[(1)] *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*
Dpto. Ing. Mecánica/Dpto. Ing. Industrial/Dpto. Ing. Sistemas de Información
Correo Electrónico: bcarrizo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar

[(2)] *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*
Dpto. Ing. Industrial / Dpto. Ing. Sistemas de Información
Correo Electrónico: cynthia@bbs.frc.utn.edu.ar

[(3)] *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*
Dpto. Ing. Mecánica/Dpto. Ing. Sistemas de Información
Correo Electrónico: aolmedo@tecnicatura.frc.utn.edu.ar

Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria S/N

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo exponer una propuesta pedagógica para las cátedras "Fundamentos de Informática" e "Informática I" de las carreras Ingenierías Mecánica e Industrial respectivamente, que facilite el aprendizaje de los alumnos en esta temática.
La Informática, como una ciencia interdisciplinaria que surge de la interacción sinérgica de varias ciencias, como la computación, la electrónica, la cibernética, las telecomunicaciones, la matemática, la lógica, la ingeniería, la robótica, la biología, las ciencias de la información, cognitivas, organizacionales, entre otras; es aplicada al estudio y desarrollo de los productos, servicios, sistemas e infraestructuras para la sociedad.
Por ello, uno de los objetivos de nuestras cátedras es "aplicar la Informática, como disciplina científica y tecnológica, a través de sus aplicaciones prácticas sustentadas por las teorías específicas que hacen uso de sus métodos y procedimientos; los cuales permiten captar los fenómenos o resolver los problemas relacionados con ellos" así como "desarrollar habilidades de lógica de programación para la resolución de problemas específicos de la carrera mediante la construcción y prueba de algoritmos."
Cabe aclarar que, en el diseño curricular de ambas carreras la temática está incluida en los contenidos mínimos y que al ser incorporada al Programa Analítico de la asignatura, se analizó qué orden debería tener en el mismo así como qué teóricos significativos incluir de tal forma de potenciar la resolución de problemas en forma gradual aplicando el "Enfoque de Sistemas".
Fruto de este análisis, se decidió reflejarlo en forma temprana en la Unidad 2 con la denominación de "Introducción al Diseño de Algoritmos y Lógica de Programación"; con la finalidad de sentar bases sólidas en lo referente a la capacidad de resolución de problemas y potenciarla incorporando la herramienta denominada PSeINT.
Este software libre facilita la diagramación de las estrategias de resolución de problemas, mediante Pseudocódigo y Diagrama de Flujo.

Palabras Claves: Algoritmos, Lógica de Programación, PSeINT, Resolución de Problemas.

1. INTRODUCCIÓN

La metodología de enseñanza diseñada en las asignaturas “Fundamentos de Informática” e “Informática I” de las carreras Ingenierías Mecánica e Industrial respectivamente, basada en el Programa Sintético del diseño curricular de cada especialidad, denominada “Introducción al Diseño de Algoritmos y Lógica de Programación”, toma como punto de partida problemas básicos relacionados con las incumbencias profesionales de la Ingeniería, con la finalidad de familiarizar a los alumnos de los primeros niveles con las actividades profesionales futuras. [1]

La metodología de enseñanza se basa en considerar los problemas básicos de cada especialidad como punto de partida que posibilita una actividad autogestionaria y que permite aproximarse a las situaciones problemáticas realizando los procesos característicos de la profesión.

El objetivo es formar un alumno como pensador en los problemas básicos que dan origen a su carrera, si se enfrenta con ellos desde el principio.

Por ello, las actividades reflejadas en una Guía de Trabajos Prácticos desarrollados a medida, deben ser seleccionadas en función de los problemas básicos de Ingeniería y ser presentadas como situaciones problemáticas, que generen la necesidad de búsqueda de información y soluciones creativas.

Fruto de experiencias docentes basadas en las Encuestas Institucionales de fin de ciclo, se infiere que esta temática es una de las que presenta alto grado de complejidad. Por ello, es fundamental la propuesta de una estrategia pedagógica para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje. El propósito es que los alumnos logren construir el aprendizaje de manera significativa, ya que es la base para continuar con la construcción de conocimiento de las siguientes unidades curriculares de la asignatura.

Este trabajo tiene como objetivo la propuesta de una estrategia educativa mediante la incorporación de una herramienta informática de distribución libre, que pretende facilitar la instancia de aprendizaje en el proceso de resolución de problemas.

1.1. Selección del Software

En ambas cátedras se detectó que la temática “Introducción al Diseño de Algoritmos y Lógica de Programación” presenta un alto nivel de complejidad, por ello se la ubicó estratégicamente en la Unidad N° 2, con la finalidad de integrar teoría y práctica, acercándose a los problemas básicos de la Ingeniería, como modo de trabajo profesional.

Se analizan varias metodologías de trabajo que faciliten e incentiven a los alumnos en el proceso de definición de estrategias para la resolución de problemas.

Una de las alternativas viable, y la aquí propuesta, es la incorporación de una herramienta informática de distribución libre denominada PSeINT.

PSeINT es principalmente una herramienta de software libre que permite facilitar la representación del diseño de algoritmos, su autor es Novara Pablo. [3]

Esta herramienta permite, una vez analizado el problema a resolver, definir la estrategia de resolución por medio de pseudocódigo y posteriormente generar el diagrama de flujo correspondiente.

En la sección posterior se profundizará en qué consiste cada técnica mencionada en el párrafo anterior.

Otra de las características muy interesantes que ofrece esta herramienta es la posibilidad de realizar un chequeo de la sintaxis del pseudocódigo del problema que el alumno está resolviendo, y además ofrece una opción que permite ejecutar esa propuesta de solución por medio de una pantalla modo DOS, lo cual permite introducir los datos de entrada del problema y visualiza la/ salida/s de información solicitadas. (Prueba de escritorio).

La fundamentación de la selección de esta herramienta, basada en la filosofía de software libre, es facilitar el acceso a toda la comunidad educativa y evitar posibles problemas referidos a licencias.

A continuación en la siguiente figura se visualiza un ejemplo del entorno.

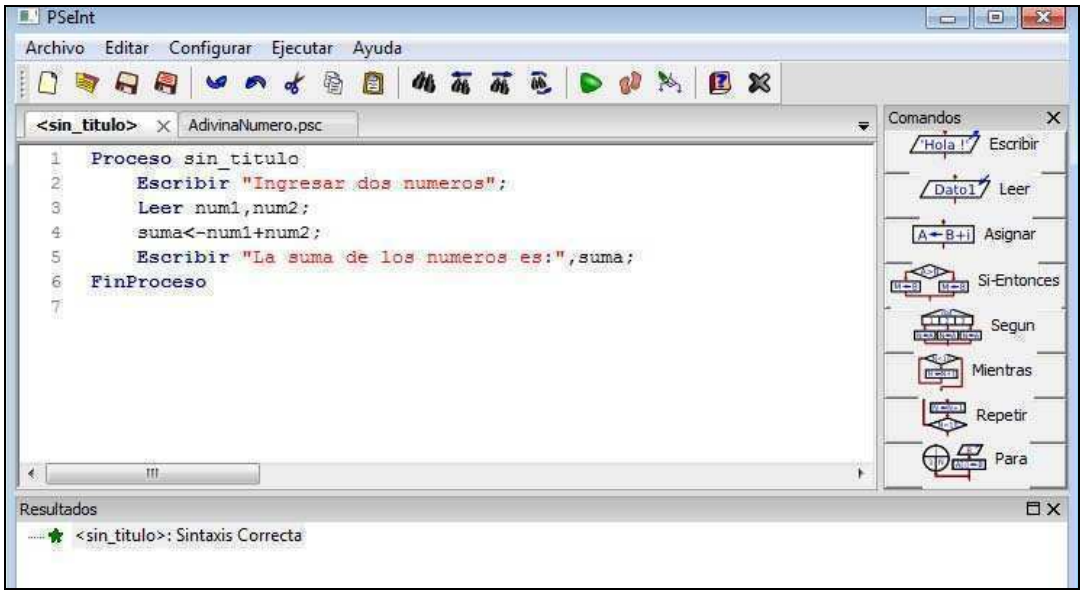


Figura 1. *Pantalla Principal de PSeINT.*

1.2. Metodología

La propuesta metodológica planteada para la enseñanza de la Unidad II: "Introducción al Diseño de Algoritmos y Lógica de Programación", es el desarrollo de las clases teóricas con exposición y fundamentación de contenidos teóricos y actividades prácticas que se desarrollan íntegramente en los laboratorios.

Es fundamental que el desarrollo de las clases teóricas sea claro y conciso, tendiente a fundamentar la importancia de resolución de problemas. [2]

En esta unidad hay conceptos claves que se abordan a nivel teórico.

- Etapas en la resolución de un problema.
- Diseño Top Down (de lo general a lo particular)
- Algoritmo: características y fundamentación.
- Formas de representación de un algoritmo.
- Estructuras de control: concepto y tipos.
- Programa: concepto, tipos y elementos básicos del mismo.

En la teoría se hace énfasis en el concepto del paradigma estructurado y diseño Top Down; para la diagramación del algoritmo.

Los alumnos deben adquirir destrezas en el diseño de algoritmos en función de una problemática pertinente propuesta desde la asignatura y basada en casos de análisis de la especialidad.

El algoritmo permite especificar una serie de pasos o acciones a realizar para la resolución de un problema, con el uso de estructuras de control, analizando en que caso cuál de ellas es la más apropiada para cada caso.

A continuación se muestra la metodología para el desarrollo de las clases prácticas en el laboratorio.

a. Análisis del problema

Teniendo en cuenta que el análisis del problema lo haremos bajo el enfoque del paradigma estructurado; se plantea que el alumno tome como base para el análisis del mismo el enfoque de sistemas. Es decir una vez realizada una lectura minuciosa de la problemática planteada, el mismo debe identificar claramente cuales son la/s salida/s de información solicitadas. Y con ello poder detectar si las entradas de datos que disponemos son suficientes y adecuadas para generar las salidas de información.

A continuación se debe pensar el conjunto de acciones que conduzcan a los resultados esperados por el problema, es decir el diseño del algoritmo.

b. Diseño del algoritmo

Esta instancia es fundamental en el proceso de resolución de problemas, históricamente en la asignatura la forma de llevarlo a cabo es en papel.

La propuesta es apoyar esta actividad por el uso de software PSeINT; las actividades que se prevée que los alumnos realicen son:

- **Especificación del algoritmo** mediante una de las herramientas de representación que es Pseudocódigo. (Obligatorio)
- **Verificación** de que las instrucciones de pseudocódigo sean correctas, funcionalidad que ofrece la herramienta. (Obligatorio)
- **Visualización del pseudocódigo** propuesto, mediante una herramienta gráfica Diagrama de Flujo. (Opcional)

c. Operación de verificación

La herramienta permite interpretar las operaciones de pseudocódigo y verificar si las salidas solicitadas son coherentes. En caso contrario se recomienda volver a la revisión de la etapa de especificación del algoritmo.

Una vez que se ha ejecutado el programa, es importante efectuar casos de pruebas para verificar el correcto funcionamiento.

El recurso a utilizar es la prueba de escritorio: esta herramienta permite facilitar el entendimiento y verificación de lo que hace un algoritmo. Básicamente lo que el alumno hace es una ejecución “a mano” del algoritmo, es por ello que es importante llevar el registro de todas las variables involucradas en el algoritmo planteado.

Es importante destacar que si bien el software proporciona una herramienta que permite comprobar la funcionalidad del algoritmo representado por pseudocódigo; la prueba de escritorio es una herramienta de verificación complementaria que se realiza en dos instancias diferentes.

d. Depuración

En el caso de encontrar una inconsistencia en el momento de efectuar la prueba de escritorio, es necesario revisar y volver a paso inicial (a).

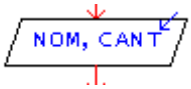
1.3 Caso Práctico

El problema planteado, es un caso práctico considerando para la enseñanza de estructuras de control.

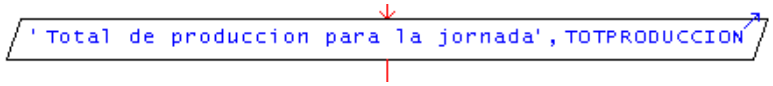
Previamente definimos la simbología usada por PSEint para la representación de Diagrama de Flujo, que será usado en el caso práctico:

Inicio/Fin: este símbolo permite indicar el inicio y finalización del algoritmo.

Entrada y Salida de Datos: este símbolo se utiliza para representar el ingreso de datos de entrada y visualizar los datos de salida. La diferencia para la entrada o salida de datos en la simbología se detalla a continuación.

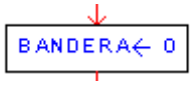


Entrada de datos

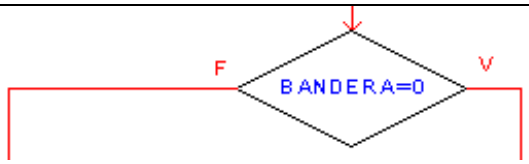


Salida de datos.

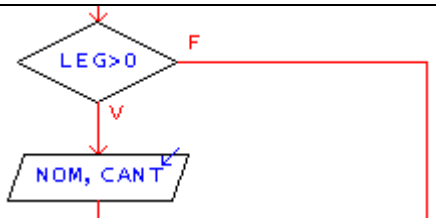
Asignación: este símbolo permite representar las operaciones en general que denotan un proceso.



Estructuras de Control: en este caso señalamos la simbología de las estructuras de control que aplicaremos en la resolución del caso práctico propuesto.



Estructura Condicional: Doble



Estructura Repetitiva: Mientras

Análisis del caso bajo estudio:
Una empresa necesita conocer información relacionada con el nivel de producción alcanzada por sus operarios.
Se pide generar las siguientes Salidas por Impresora:

- Mencione el operario que más produjo en esa jornada.

Para ello Ud. dispone de las siguientes Entradas:

- Legajo (leg): representa el número del legajo que identifica al operario.
- Nombre (nom): representa el nombre del operario.
- Cantidad (cant): representa cantidad de unidades producidas por el operario en esa jornada. Está expresada en unidades.

Resolución
Paso a.
Diseño del algoritmo usando el software PSEint, como modo de representación del algoritmo a través del Pseudocódigo. [4]
Después de un análisis detallado del caso a resolver, el alumno se apoya con el uso de PSEint. Para generar el Pseudocódigo debe usar el panel izquierdo de la pantalla principal, en el se indican las diferente operaciones (Comandos) que pueden ser aplicadas en el diseño del algoritmo.

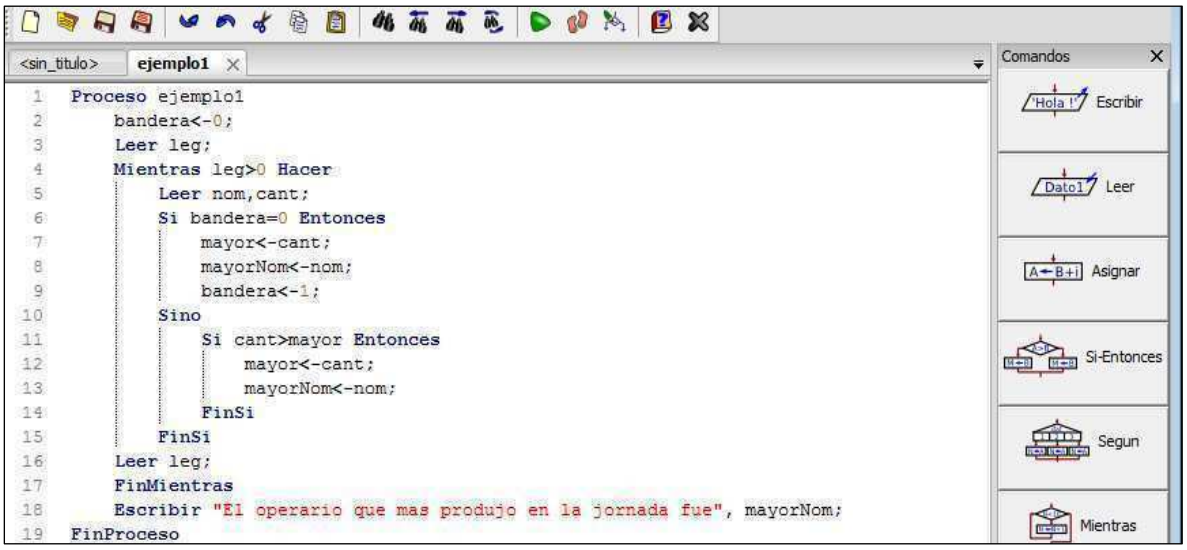


Figura 2. *Uso de panel de comandos para la generación de Pseudocódigo.*

Cabe destacar que, esta herramienta es de uso intuitivo y simple, basta con seleccionar el comando que sea necesario y automáticamente se genera el pseudocódigo de esa instrucción seleccionada. Cada instrucción de pseudocódigo generada tiene una sintaxis específica que debe ser respetada.
A continuación se detalla el pseudocódigo completo del problema.

```
Proceso Ejemplo1
        bandera<-0;
        Leer leg;
        Mientras leg>0 Hacer
                Leer nom,cant;
                Si bandera=0 Entonces
                        mayor<-cant;
                        mayorNom<-nom;
                        bandera<-1;
                Sino
                        Si cant>mayor Entonces
                                mayor<-cant;
                                mayorNom<-nom;
                        FinSi
                FinSi
Leer leg;
        FinMientras
        Escribir "El operario que más produjo en la jornada fue", mayorNom;
FinProceso
```

Paso b: Generación del Diagrama de Flujo a partir del pseudocódigo propuesto. (Opcional)
Una vez generado el pseudocódigo y chequeado que la sintaxis del mismo sea correcto, es posible generar el Diagrama de Flujo correspondiente al pseudocódigo generado, en el caso de que no exista ningún error de sintaxis.
Dentro de la opción Ejecutar hay una alternativa que es Dibujar Diagrama de Flujo (F7). A continuación se muestra el Diagrama de Flujo generado por la herramienta.

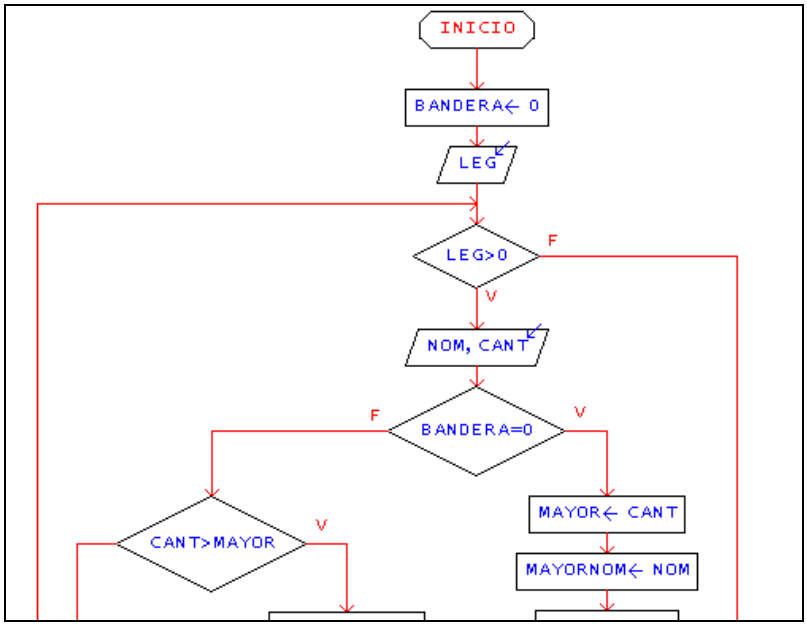


Figura 3. *Parte del Diagrama de flujo generado por PSEint.*

Paso c: Ejecución de resultados: en esta etapa se efectúa la verificación si el diseño del algoritmo planteado por medio de Pseudocódigo genera las salidas esperadas en función de los datos de entrada, es similar a la prueba de escritorio, en este caso la herramienta nos permite realizar esta función de manera automatizada como se muestra a continuación:

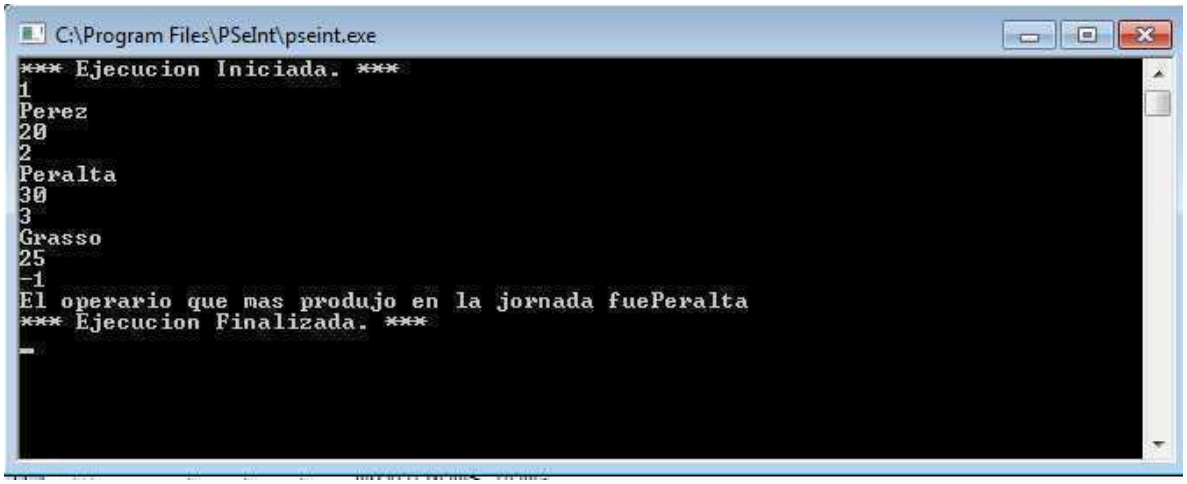


Figura 4. *Pantalla de ejecución del algoritmo diseñado.*

En el caso de que en el proceso de ejecución obtengamos una salida que no corresponde (de acuerdo a los datos de entrada), se debe revisar el proceso y volver al paso 1. Ya que los errores detectados corresponden a errores de sintaxis del pseudocódigo generado y no a errores lógicos.

3. CONCLUSIONES.

En este trabajo se ha planteado una propuesta metodológica, que facilita el aprendizaje relacionado con la capacidad para la resolución de problemas, acompañado por el uso de PSEint.
Esta herramienta apoya el proceso de aprendizaje de la Unidad N° 2 del Programa Analítico "Introducción al Diseño de Algoritmos y Lógica de Programación", a través de las siguientes etapas: [1]

- Representación del algoritmo diseñado mediante la herramienta Pseudocódigo.
- Seguimiento y verificación de la sintaxis propuesta para las instrucciones de Pseudocódigo.
- Visualización de Diagrama de Flujo del pseudocódigo diseñado por el alumno.
- Automatización de prueba de escritorio del algoritmo diseñado.
- Ejecución paso a paso, lo que permite y facilita el seguimiento de la lógica planteada del algoritmo con el objetivo de localizar de manera sencilla los errores de lógica que pudiera existir en el diseño del algoritmo.

Esta asignatura se plantea como uno de los objetivos la formación del perfil del Ingeniero mediante la implementación de una didáctica pedagógica que facilita el proceso de enseñanza y aprendizaje en lo referido a la resolución de problemas y el diseño de algoritmos y lógica de programación.

4. REFERENCIAS

[1] Carrizo Blanca R, Corso Cynthia L. (2010). "Introducción al Diseño y Lógica de Programación para Ingenierías Industrial y Mecánica". ISBN: 978-987-27648-0-7. Editorial Carola. 1er. Ed. Córdoba. Argentina
[2] López García, Juan Carlos. (2009/2010) "Algoritmos y Programación. Guía para Docentes." 2da. Edición, http://www.eduteka.org.ar/GuíaAlgoritmos.php
[3] Manual de de PSeINT, http://pseint.sourceforge.net/manual.html
[4] Sitio oficial del programa PSEint. http://pseint.sourceforge.net

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

LA COMPRENSIÓN DE TÓPICOS MATEMÁTICOS APLICADOS AL CASO DE ESTUDIO DE UNA LINEA FERREA

Pastorelli Sonia*; Casco Eva; Ramírez Sandra

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe.
Lavaisse 610. Santa Fe. spastorelli@frsf.utn.edu.ar, ecasco@frsf.utn.edu.ar, scramirez@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN
En este trabajo intentamos acercar una propuesta de intervención en el aula, que, recurriendo a representaciones gráficas, potencie, refuerce, ayude a integrar y relacionar aquellos temas que por su importancia y aplicabilidad es preciso comprender en profundidad.
El Proyecto Tuning América Latina [1] define al ingeniero como un profesional con un amplio manejo de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería, que le permiten desarrollar soluciones de ingeniería y hace mención dentro de las competencias identificadas como muy importantes "la abstracción espacial y las representaciones gráficas". En este sentido, Análisis Matemático II posibilita el poder deductivo y razonamiento lógico, aportando capacidades para seleccionar, extraer, interpolar, extrapolar y usar datos representados gráficamente que codifican fenómenos.
Nos propusimos utilizar el material analizado en el marco del proyecto de investigación "Análisis de la implementación de una línea férrea mediante la utilización de herramientas matemáticas"[2] con el objetivo de dar significatividad y mejorar la comprensión del tópico generativo "funciones de varias variables y sus distintas representaciones", con intención de dar impulso a la aplicación de herramientas matemáticas, que formen parte del análisis de una problemática concreta referida a la necesidad de mejorar el sistema de transporte público del conglomerado Santa Fe - Santo Tomé.
Entendemos que la comprensión ayuda a valorizar la herramienta y la labor matemática y que esta competencia habilita mejoras en la interpretación no sólo de la problemática social planteada sino de la asignatura en general tratando de subsanar la presencia de conocimiento ingenuo con sus concepciones erróneas y profundamente arraigadas y el conocimiento ritual, en el que se intenta cumplir con las exigencias sin una comprensión auténtica.

Palabras Clave: Enseñanza para la Comprensión; Transporte; Conocimiento; Matemática.

Área temática: A- Enseñanza

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de mejoras en el sistema de gestión y calidad en educación, debe ser abordada con alternativas múltiples, que trascienden el aula. Autores como Celia Hoyles y Richard Noss Balacheff, (1999) [3] enfatizan la diferencia entre las matemáticas en la práctica y las matemáticas formales. Su esfuerzo está encaminado en encontrar las relaciones existentes entre las matemáticas como herramientas y el saber matemático. Proponen ver la actividad matemática como una actividad de modelización en el sentido amplio. Bajo esa mirada se desarrolla actualmente el proyecto de investigación "Análisis de la implementación de una línea férrea mediante la utilización de herramientas matemáticas", formado por un equipo multidisciplinar, en el ámbito del departamento de Ingeniería Industrial y Materias Básicas, con intención de abordar la problemática referida al transporte público del conglomerado Santa Fe - Santo Tomé. Se propone el desarrollo de un estudio de caso que permitirá enriquecer la formación técnica y humana de nuestros alumnos, fortaleciendo el perfil del egresado. A la vez los avances del proyecto enriquecen la enseñanza de la matemática en el ciclo básico, dado que a partir de ellos se redactan problemas que sirven como motivadores y ejemplos para tratar problemas epistemológicos de la enseñanza.

2. OBJETIVOS

El Proyecto Tuning América Latina (2007) define al ingeniero como un profesional con un amplio manejo de las ciencias básicas y las ciencias de la ingeniería, que le permiten desarrollar soluciones de ingeniería y hace mención dentro de las competencias identificadas como muy importantes "la abstracción espacial y las representaciones gráficas". En este sentido Análisis Matemático II posibilita el poder deductivo y razonamiento lógico del futuro profesional aportando capacidades tales como seleccionar, extraer, interpolar, extrapolar y usar datos representados gráficamente que con frecuencia codifican fenómenos.

El problema surge cuando se les solicita a los alumnos utilizar las habilidades básicas enunciadas anteriormente y ahí muchas veces los docentes sentimos frustración frente a la forma deficiente en que lo hacen los estudiantes. Perkins (1995) [4], expresa que es muy irritante y desalentador que los alumnos no posean la información que supuestamente deberían tener. El conocimiento (frágil) ha desaparecido de la mente de los alumnos que alguna vez lo tuvieron. Esta experiencia se pensó a partir de un gráfico, donde los autores lo usaron como "caja negra", esto es sin preguntarse si respondía a un modelo empírico, (utilizan las observaciones directas o los resultados de experimentos del fenómeno estudiado) o heurístico (basados en las explicaciones sobre las causas).

Como educadores nos propusimos utilizar el material obtenido por los alumnos que relaciona las cantidades de pasajeros a transportar y las distintas modalidades de transporte, con la intención de dar significatividad a las relaciones entre las distintas representaciones de una función de varias variables y mejorar la comprensión de dichos contenidos. Como investigadores exploramos la existencia de concepciones equivocadas, conocimientos rituales e inertes, conocimientos que se los recuerda pero no se transfieren.

3. MARCO TEÓRICO

El marco teórico aborda cuatro preguntas claves: ¿qué tópicos se deben comprender?, ¿qué aspectos de esos tópicos deben ser comprendidos?, ¿cómo podemos promover la comprensión?, ¿cómo podemos averiguar lo que comprenden los alumnos? Para dar respuesta a estos interrogantes la EpC está constituida por cuatro partes: tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua.

3.1. Los tópicos generativos

Los tópicos generativos son temas, cuestiones, conceptos, ideas, que proporcionan hondura, significación, conexiones y variedad de perspectivas en un grado suficiente como para apoyar el desarrollo de comprensión profunda por parte del alumno. La EpC expresa que es probable que un tópico sea generativo si es central para un dominio o disciplina, es accesible e interesante para los alumnos y docentes y es rico en conexiones. Aquí el tópico es "distintas representaciones de las funciones multivariables" dado que tiene todas las características

descriptas por el marco y a la vez la potencialidad de su utilización durante toda la cursada de la carrera.

3.2. Metas de comprensión

Las metas de comprensión afirman, explícitamente lo que se espera que los alumnos lleguen a comprender. Mientras que los tópicos generativos delinean contenidos, las metas definen ideas, procesos, relaciones o preguntas que los alumnos comprenderán mejor por medio de su indagación. En esta experiencia la meta es "que los alumnos comprendan como relacionar los distintos registros (gráficos, numéricos, simbólicos, coloquiales) de funciones de varias variables".

3.3. Desempeños de comprensión

Los desempeños de comprensión son actividades que desarrollan y demuestran la comprensión del alumno al exigirles usar lo que saben, de nuevas maneras. La comprensión se desarrolla y se demuestra poniendo en práctica la propia comprensión. Es común observar una progresión común de tres categorías de desempeño diseñadas para fomentar la comprensión: etapa de exploración, investigación guiada y proyecto final de síntesis, etapas que se basaron en esta experiencia en el análisis de un caso, consistente en el uso y análisis de un mapa de contorno.

3.4. Evaluación diagnóstica continua

La valoración diagnóstica continua exige que la evaluación se base en criterios claros que estén estrechamente relacionados con las metas de comprensión y que los alumnos tengan la posibilidad de recibir realimentación y mejorar el trabajo. La evaluación en esta experiencia tuvo su eje en el trabajo colaborativo entre alumnos para la entrega del reporte y la posterior socialización y debate de las producciones junto a docentes.

La forma de representar el mismo contenido por los distintos usuarios puede a veces afianzar errores frecuentes, debido al uso algorítmico que suele dársele. En este trabajo intentamos acercar una propuesta de intervención en el aula, que, recurriendo a representaciones gráficas, potencie, refuerce, ayude a integrar y relacionar aquellos temas que por su importancia y aplicabilidad es preciso comprender en profundidad.
Un modelo matemático puede representarse usando distintas formas: gráficas, descripciones coloquiales entre variables, tablas, fórmulas, etc. La comunidad matemática suele preferir la información simbólica (ecuaciones), mientras que la ingenieril los ábacos y gráficas.
Por ello se utilizan elementos del proyecto de investigación colaborativa Enseñanza para la Comprensión (EpC) desarrollado por la Escuela de Graduados de Educación de Harvard que establece un marco conceptual guía para llevar a la práctica este sistema de trabajo.
Para la EpC comprensión "es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que se sabe" , Perkins, en Stone Wiske (1999, p.69) [5]. Entonces se trata de involucrar a los alumnos en tareas que se presentan como desafíos, que los obliguen a utilizar lo aprendido y hacerlo en diferentes contextos y situaciones.

4. LA EXPERIENCIA

Utilizando un soft de diapositivas se analizaron representaciones de funciones de varias variables extraídas de la web, tales como mapas de google, planimetrías de la ciudad de Santa Fe, isocuantas de una empresa, etc.
La EpC coloca al docente en el papel de un facilitador antes que informador y/o examinador. Bajo este marco, se presentó el tópico "distintas representaciones de funciones de dos variables" en forma de diálogo activo bruneriano, Bruner,(1990) [6] apoyado en el texto de cátedra: Cálculo Multivariable del autor Stewart (1999, 2002) [7].
Luego de un breve debate con el objetivo de indagar la aprehensión del contenido a la vez de andamiarlos, los alumnos realizaron ejercicios extraídos de las guías del texto: uno cuyo enunciado propone relacionar ecuaciones de funciones con mapas de contornos y superficies y otros dos que permiten conocer la gráfica de una función desconocida a través de la similitud con el mapa de contorno de otra función de gráfica conocida. Esta metodología se desarrolló en dos cursos: grupo 1 y grupo 2. En ambos grupos, pero con enunciados y momentos de resolución distintos, se plantea un problema que utiliza un mismo gráfico (Figura 1) en la que

expresamente dice "relaciona la demanda de pasajeros a transportar versus la capacidad unitaria de los vehículos en funcionamiento del TPP (transporte público de pasajeros)".

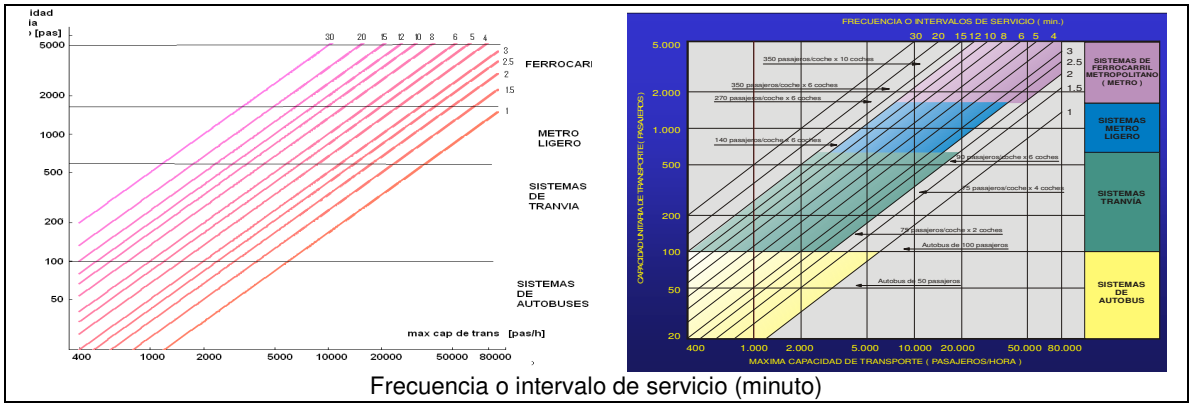


Figura 1 *a) gráfico del problema y b) material a analizar por los alumnos*

Al grupo 1, durante los restantes 40 minutos de clase, se le entregó las primeras 5 consignas de la Figura 2 y el gráfico a) de la figura 1 para que, trabajando en grupos de hasta 4 alumnos, las resuelvan y las entreguen. Finalizada la clase, se les informó que deberían resolver otros 5 ítems, presentes en la página web de la cátedra. Se les informó que podrían completar y/o reformular los ya entregados, haciendo hincapié en que prestaran especial atención a las escalas y a la ley que relaciona las variables involucradas. La entrega fue estipulada dentro de las 48 horas siguientes.

La figura 3 muestra el trabajo práctico solicitado al grupo 2, una vez finalizados los temas derivabilidad, diferenciabilidad y extremos. Los grupos tuvieron 3±1 integrantes y contaron con 48 horas para entregarlo. Puede notarse que en este grupo no hubo alusión a la escala del gráfico ni se le requirió expresamente el determinar la ecuación de la función.

Luego de entregadas y evaluadas las producciones de los estudiantes, se desarrolló en ambos grupos un debate a los efectos de socializar resultados y comentar debilidades y fortalezas. Fue ésta una oportunidad para indagar a través de una encuesta individual la opinión de los alumnos sobre las dificultades de comprensión y opinión sobre la experiencia.

1- Para una capacidad de transporte máxima de 1000 pasajeros por hora, usando colectivos de 50 pasajeros, ¿cuál deberá ser la frecuencia mínima de los mismos?
2- Si desea tener un servicio con una frecuencia de 15 minutos y la ciudad necesita movilizar 2000 pasajeros por hora ¿Qué sistema deberá adoptar?
3- Si desea mover 1800 pasajeros/hora en unidades de 12000 pasajeros ¿Qué frecuencia deberá tener el servicio?
4- ¿Puede asegurar que el gráfico es un mapa de contorno de la función frecuencia?
5- Si deben dar una ecuación para la función ¿de que tipo sería? ¿Cuál propondría?
6- ¿Qué puede decir sobre las escalas adoptadas en el gráfico? Justificar.
7- ¿Cuál sería el mapa de contorno de la función frecuencia si se adoptara una escala regular? Trazar la de valor 1, 3, 10 y 30?
8- Encontrar la ley de la función frecuencia que relaciona las variables. ¿Qué dominio elegiría para la misma?
9- Realice el mapa de contorno de la función anterior, considerando como dominio R2.
10- Realizar una hipótesis sobre el motivo de la elección del tipo de escala.

Figura 2 *Consignas del Trabajo Práctico Grupal para grupo 1 (1-5 en aula, de 6-10 fuera aula)*

1- Para una capacidad de transporte máxima de 600 pasajeros por hora, usando colectivos de 50 pasajeros, ¿Cuál deberá ser la frecuencia mínima de los mismos?
2-Si desea tener un servicio con una frecuencia de 25 minutos y la ciudad necesita movilizar 1300 pasajeros por hora ¿Qué sistema deberá adoptar?
3-Si desea mover 700 pasajeros/hora en unidades de 200 pasajeros ¿Qué frecuencia deberá tener el servicio?
4- Siendo x: máxima capacidad de transporte por hora requerida e y: capacidad unitaria del transporte ¿se puede asegurar que el gráfico es un mapa de contorno de la función frecuencia? Justificar
5- Si la respuesta anterior fue afirmativa ¿Cuál es el dominio de dicha función?
6- Realice el mapa de contorno de la función frecuencia, considerando la abstracción que el dominio de la función el conjunto mas amplio en R^2 usando una escala normal. Trace las curvas de nivel $k = \{0.5\ ; 1; 4; 25\}$.
7- Estime $\frac{\partial f}{\partial x}(3000,1000)$ y $\frac{\partial f}{\partial y}(3000,1000)$ asumiendo como dominio $Df = \{(x,y) | \ x > 0 \wedge y > 0\ \}$
8- Interpretar, para este caso real, los valores encontrados en el ítem anterior.

Figura 3 *Consignas del Trabajo Práctico Grupal para grupo 2, fuera del aula*

4.1. Análisis de las producciones de los alumnos del grupo 1

Para realizar las cinco primeras preguntas los 31 alumnos presentes en la clase se dividieron en 11 grupos. Todos respondieron bien la primer consigna: 9 grupos usando el mapa, 1 en forma analítica realizando proporciones, 1 con una explicación coloquial algo confusa.

Estos dos últimos grupos fueron los únicos que no respondieron bien la consigna 2, seguramente porque la respuesta exigía que fuese no numérica. El hecho de intentar buscar una ecuación para la función parece indicar un mejor nivel de comprensión en tópico que el demostrado por sus compañeros. Sin embargo resultó un obstáculo al momento de responder la segunda consigna cuya respuesta no exigía un número, sino concluir por lo descripto en el gráfico "sistema tranvía".

En cuanto a la tercera consigna, si bien todas aproximadas, solo los dos grupos que analizaron la relación entre las variables responden en forma exacta.

Sólo un grupo se pronuncia por la falsedad del ítem 4 esgrimiendo como justificación que es una función de tres variables y que estas no se pueden representar gráficamente. Los restantes, si bien responden que sí es un mapa de contorno no mencionan tipo de variable (enteras para las independientes, fraccionaria para la dependiente) ni rango de las mismas.

El requerimiento sobre una ecuación para la función representada muestra claramente comprensión ingenua en la mayoría de los alumnos: 5 grupos la conjeturan lineal (estipulan "$z = x + y$" ; "$z = (117\ y + 57x)/2000$"; "la función es un plano"; "$z = mx + b - y$)"; 3 grupos no responden; otro opina que las variables x e y están relacionadas con $y = kx$, pero aclara que z no es lineal. Los dos grupos que parecen comprender más los datos expresados en el gráficos expresan"

$$frecuencia = \frac{60(\text{min})\ \text{capac unitaria del transporte}}{\text{máxima capacidad del sistema de transporte}} \quad (1)$$

(el planteo fue correcto, error de despeje) y "las escalas son incoherentes por eso mismo no pudimos calcular la pendiente la cual satisfaga a la familia de rectas del mapa de contorno" respectivamente.

Sólo 24 alumnos realizaron la segunda entrega de trabajo práctico, la que resolvieron reorganizándose en 10 grupos. Los participantes de dos de los grupos de clase no realizaron la entrega (los que mencionaron "incoherencia de la escala" y los que propusieron la "función racional"). Preguntados el porqué de la no entrega estos alumnos manifestaron que consideraron a su producción en clase lo suficientemente correcta para no tener que reformular las respuestas.

La sexta pregunta indaga y a la vez pretende poner la atención sobre las escalas. Casi todos los grupos se inclinan por caracterizarlas como escala logarítmica (sin mencionar que lo es para ambas variables independientes). Mientras algunos lo afirman otros dicen "parece logarítmica" o "son del tipo logarítmicas". Un grupo solo afirma "la escala es no proporcional". Llama la atención el comentario de un grupo "están adaptadas para una localidad específica, donde sólo se pretende obtener la información, para una cantidad de pasajeros, en un determinado tiempo".

En el ítem 7 se esperaba que los alumnos trazaran las curvas de nivel k atendiendo a una readaptación de la escala, sin embargo la mayoría de los grupos la hizo usando la función requerida en el siguiente ítem ($f = \frac{60\,y}{x}$; $y = k\frac{x}{60}$). Todas éstas fueron trazadas en el plano xy (luego incluyen datos no dados y más preocupante aún que todas incluyen al origen de coordenadas). Solo un grupo reconstruye las gráficas a partir de los datos (ver grafico 4 c). Por redondeos, en lugar de rectas obtienen curvas, por lo que proponen una función que incluye una exponencial.
En el octavo ítem, para proponer la ecuación, 3 grupos se concentraron en el planteo real del problema, llegando a través de dos proporciones a la misma; aunque uno con error. Las leyes equivocadas propuestas fueron lineales: $f = 0.05x - y$, $f = y - 0.05x$ y $f = 0.02\,y - 0.015\,x$ (en los tres casos observaron una escala no lineal). Un grupo propone $y = 6.66\,f(x,y)\,e^{x}$, ley que guarda total coherencia con las curvas de nivel adaptadas a escala regular (Figura 4 c). Ningún grupo realiza comentario alguno sobre el carácter entero de las variables independientes.
El mapa de contorno de la función encontrada, considerando como dominio R^2 fue trazado sólo por la mitad de los grupos. Dos mapas representan rectas que incluyen al origen y otras tres rectas paralelas (en concordancia con la ley encontrada). Uno de los grupos que consideró la ecuación fraccionaria representó el mapa con rectas paralelas.
Todos los grupos hipotetizan sobre la escala elegida de manera similar. Por ejemplo, expresan "a valores cercanos de frecuencia trazadas en escala normal, las curvas de nivel se visualizan demasiado cerca, dificultando la lectura y compresión de los datos"; "y además se adaptó la relación de escalas para que las rectas sean paralelas, simplificando aun más la interpretación"; y "se pueden mostrar valores grandes y chicos de las variables en un gráfico relativamente normal"

4.2. Análisis de las producciones de los alumnos del grupo 2

De un total de cincuenta y seis alumnos del grupo, cuarenta y seis presentaron el trabajo práctico y se organizaron en trece grupos.
En cuanto a las tres primeras consignas: 6 grupos hallan los valores solicitados trabajando analíticamente, algunos a través de $f = \frac{60\,y}{x}$ y otros de sucesivas proporciones (uno no llega a los resultados esperados por abusar de los redondeos); 2 grupos responden correctamente sin justificar como obtienen los resultados mientras que 4 grupos responden usando el mapa de contorno pero ignorando la escala, por lo que las aproximaciones resultaron groseras (ejemplo siendo el valor 17,14 responden "entre 19 y 20 minutos").
Un claro ejemplo de conocimiento "ritual" lo da un grupo que usa $\Delta f = f_x\,\Delta x + f_y\,\Delta y$ intentando reproducir un ejercicio de práctica.
Para responder a la pregunta referida a si se puede asegurar que el gráfico es un mapa de contorno de la función frecuencia la mayoría opina afirmativamente sin hacer mención a la escala utilizada ni al carácter natural de las variables independientes. En la justificación usan casi textualmente la definición presente en el texto de cátedra. Un grupo opina "no, porque no representa la proyección de la intersección de la superficie $z = y\,x^{-1}$, con el plano $z = k$ sobre el plano xy juzgando forzosa una escala estándar.
Cuando se solicita trazar las curvas de nivel $\mathrm{k} = \{0.5\,;\,1;\,4;\,25\}$ en un conjunto más amplio de R^2, dos grupos no lo hacen, uno lo hace en el rango dado originalmente, otro da la ecuación de las curvas pero no las grafican. Dos grafican las rectas $k = 60y\,x^{-1}$ para los distintos k, pero sin indicar el "hoyo" en (0;0), los restantes siete grupos usan la misma escala del gráfico dado, continuando las rectas (ver Figuras 4, a y b)
Mejores han sido las producciones de los estudiantes al estimar las derivadas parciales, quizás debido a que durante la clase teórica se resolvió un problema similar y que además aquí el manejo de las escalas no juega un rol determinante (dado que en la derivada sólo intervienen longitudes de intervalos "h" pequeños). Los tres grupos que obtuvieron la ecuación de la función trabajaron de distintas maneras. Uno realiza solo la estimación gráfica, otro sólo la calcula analíticamente y el tercero utiliza ambos procedimientos y comenta que en una de ellas la diferencia seguro se debe al error en la apreciación. Los restantes ocho grupos realizan estimaciones gráficas, cinco aceptables y tres no.
Frente al pedido de interpretar, para este caso real, las derivadas parciales optan

mayoritariamente por "reproducir" la interpretación de "razón de cambio" presente en el texto. Son dos los grupos que mejor comprensión demuestran al incluir en su análisis el signo de cada derivada. Por ejemplo un grupo argumenta "la función frecuencia es proporcional a la capacidad unitaria (variable y) e inversamente proporcional a la capacidad máxima necesaria de transporte (variable x), por lo tanto, al realizar las derivadas parciales pudimos comprobar esto ya que respecto de x es negativa, por lo tanto la función frecuencia disminuye cuando x incrementa. Respecto de y sucede lo contrario" Este grupo es uno de los que no formaliza la ecuación de la función, pero se acerca a ella a través de $n = x\,y^{-1}$ y $f = 60\,n^{-1}$

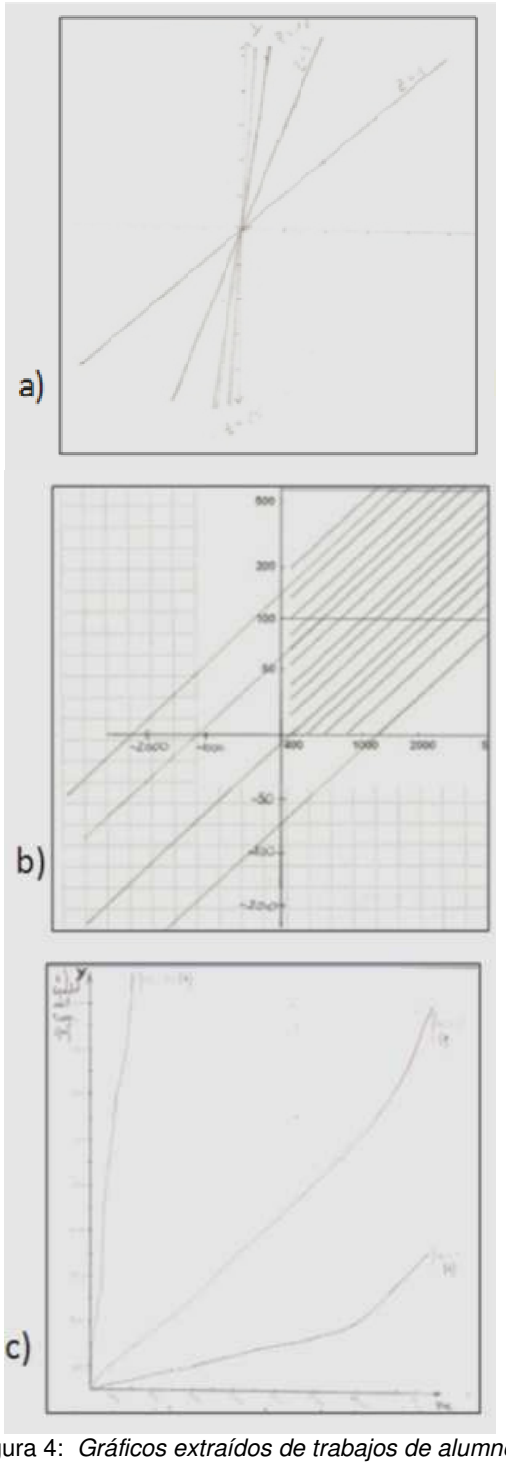
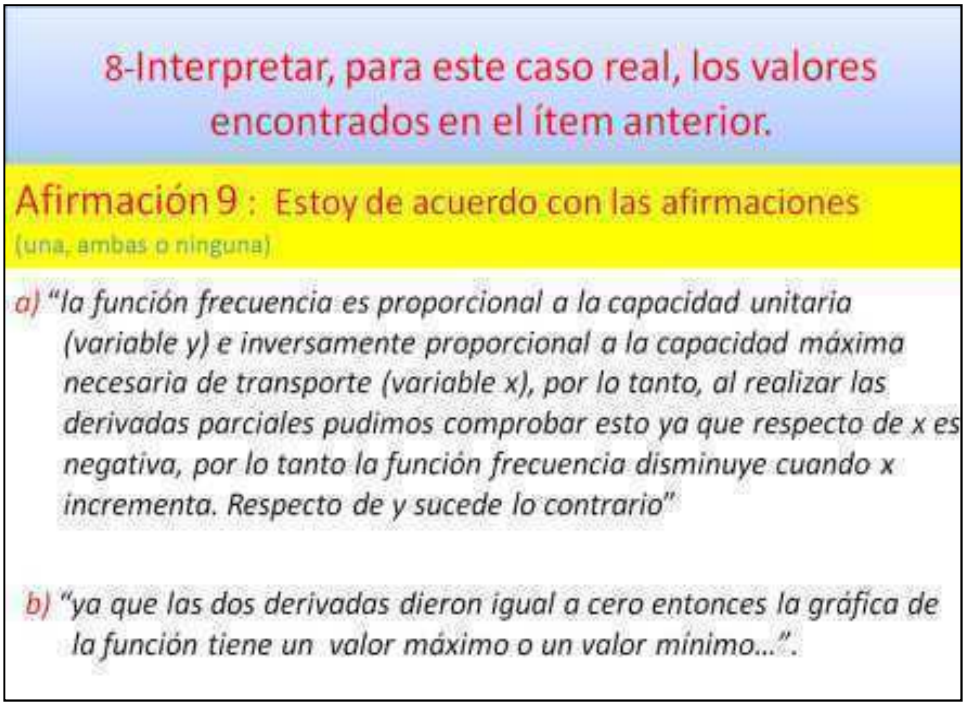


Figura 4: *Gráficos extraídos de trabajos de alumnos*

Llamó la atención la interpretación de un grupo que obtuvo como valores de las derivadas -0.0059 y 0.013: "ya que las dos derivadas dieron igual a cero entonces la gráfica de la función tiene un valor máximo o un valor mínimo…". Este es un claro ejemplo de conocimiento ritual (uso del algoritmo que da las condiciones necesarias para la existencia de punto crítico) e ingenuo (aceptar 0.0059=0 y no reflexionar sobre el mapa, el que claramente muestra que alrededor del punto analizado pasan curvas de mayor y menor nivel).

4.3. Opinión de los alumnos sobre la socialización y puesta en común de los trabajos

Luego de corregido los trabajos prácticos y a través de filminas se compartieron los errores y aciertos en la resolución de los TP relevándose sobre la adhesión a éstos por parte de los demás estudiantes (Figura 5 a). Se resolvieron las distintas consignas de diferentes maneras. Y se recogió la opinión de los estudiantes del 2º grupo sobre esta práctica a través de una encuesta (Figura 5 b).



Afirmación	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Opción elegida									

Sobre el TP responde:

TA: totalmente de acuerdo A:de acuerdo D: en desacuerdo TD: totalmente en desacuerdo	TA	A	D	TD
El TP fue una oportunidad para auto-evaluarme				
Me gustó usar los contenidos en un problema real				
Hoy descubrí errores en la interpretación que hice del gráfico				
El TP ayudará a que mejore mi comprensión de los contenidos de la unidad				

Usar el reverso para hacer comentario sobre este TP

Figura 5 *a) Opinión sobre afirmaciones presentes en TP. b) Encuesta individual*

Este sondeo arrojó que el 27% de los alumnos están de acuerdo con la afirmación: "Pensé que la ecuación de la función frecuencia no se podía encontrar porque eran datos experimentales" y el 48% opinó erróneamente "la función es lineal".

Sobre la aseveración "El mapa de contorno se construyó usando $f(\ln x, \ln y) = k = \ln 60 + lny - lnx$ "sólo el 2% la aceptó; el 28% la sospechó verdadera y el 70% nunca la conjeturó.

El 52 % de los estudiantes que dieron como interpretación de derivada parcial "la razón de

cambio…" reconocieron que lo hicieron porque es la que está en el libro/carpeta y el 9 % apoyaron la idea de un grupo "ya que las dos derivadas dieron igual a cero entonces la gráfica de la función tiene un valor máximo o un valor mínimo", lo cual contradice la información presente en el mapa de contorno.

Bajo la EpC los desempeños de comprensión ingenua están basados en conocimientos intuitivos, como un proceso no problemático que consiste en captar información, resultando poco reflexivos y no estructurados. Los desempeños de principiante están predominantemente basados en procedimientos ritualizados y mecanismos de prueba. La naturaleza y los objetivos de la construcción del conocimiento son descriptos como procedimientos mecánicos, paso por paso. Los desempeños de aprendiz están basados en conocimientos y modos de pensar disciplinarios y demuestran un uso flexible de conceptos. Los desempeños de maestría son predominantemente integradores, creativos y críticos y permiten usar los conocimientos intradisciplinar, metadisciplinar o interdisciplinar.

En el análisis de los 24 trabajos entregados, sólo la cuarta parte puede considerarse con comprensión de principiante. Tres de éstos presentan algunos rasgos de desempeños de aprendiz. El 75 % restante encuadra dentro de comprensión ingenua. Estos resultados muestran que es e

5. CONCLUSIONES

Como investigadores exploramos la existencia de concepciones equivocadas, conocimientos rituales e inertes.

Esta experiencia mostró que es necesario ayudar a los estudiantes a superar lo que Perkins llama conocimiento ingenuo (concepciones erróneas y profundamente arraigadas) y el conocimiento ritual (el que se intenta cumplir con las exigencias sin una comprensión auténtica).

El NCTM -National Council of Teachers of Mathematics- postula: «los alumnos de todos los niveles deberían entender la matemática como un campo de investigación plenamente integrado, que apunta a ayudarlos a resolver problemas, razonar y hacer conexiones. Los alumnos deberían estar expuestos a numerosas y diversas experiencias interrelacionadas que los alienten a valorar la empresa matemática, a desarrollar hábitos mentales y comprender y valorar el papel de la matemática en los asuntos humanos; que debería motivárselos para explorar, calcular y hasta cometer y corregir errores para que tengan confianza en su capacidad para resolver problemas complejos; que deberían leer, escribir y discutir y que deberían conjeturar, probar y construir argumentos sobre la validez de una conjetura ... » (Stone Wiske, 1999. p.55) .

Esta experiencia pretende ser un aporte en este sentido. Sobre ella los estudiantes mayoritariamente (84%) valorizaron poder reflexionar sobre concepciones equivocadas a través de un problema de su interés (88%) y sobre las dificultades en relacionar distintos tipos de representaciones de funciones (86%). El 90% opina que el trabajo ayudará a que mejore la comprensión de los contenidos de la unidad.

6. REFERENCIAS

[1] Informe final Proyecto Tuning América Latina 2004-2007. Reflexiones Y Perspectivas De La Educación Superior en América Latina.

[2] PID "Análisis de la implementación de una línea ferrea mediante la utilización de herramientas matemáticas" Código: 25/O122 http://sicyt.scyt.rec.utn.edu.ar/scyt/proyectos/indiceC.asp

[3] Balacheff, N.(1999).Artículo: Ventanas sobre el significado de las matemáticas. Culturas de aprendizaje y computadores. REVISTA EMA. Vol. 4, No. 2. Pag. 180-185.

[4] Perkins, D. (1995). La Escuela Inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente. Barcelona. Gedisa.

[5] Stone Wiske, M. (comp.). (1999). La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. Paidós. Buenos Aires.

[6] Bruner, J.S. (1990). Actos de significado. Madrid. Editorial Alianza.

[7] Stewart, J. (2002). Cálculo Multivariable. 4º edición. Thomson Editores. México.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

TIPOLOGÍAS DOCENTES Y PLANIFICACIÓN DE LA INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Pavlicevic, Juan, Campoli, Oscar, Minnaard, Claudia

Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación IIT&E
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Ruta 4 Km 2 Llavallol
e-mail: jpavlicevic@ciudad.com.ar

e-mail: ocampoli@mail.ingenieria.unlz.edu.ar , minnaard@uolsinectis.com.ar

RESUMEN
La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) al proceso de enseñanza y aprendizaje, debe atender a un ejercicio de planificación estratégica que surja de un análisis exhaustivo de las capacidades propias y del entorno [1]. Por lo tanto, es necesario que las instituciones dispongan de los datos necesarios en los que sostener sus decisiones. Sin embargo la heterogeneidad de los perfiles docentes y la escasa tradición de estos tipos de estudio, dificultan la adopción de acciones orientadas a sus diferentes necesidades [2] La posibilidad de desarrollar un modelo de intervención que tenga en cuenta estas cuestiones, constituye el objetivo principal del presente trabajo [3]
Se trata de un estudio cuantitativo, que a través de la utilización de técnicas estadísticas de análisis multivariado, explora regularidades en el comportamiento de los docentes, e indaga la posible existencia de relación entre algunas de las características observadas.
El tipo de análisis que se utiliza - factorial de correspondencias múltiples -, pone en evidencia la existencia de tipologías docentes, que podrían ser tenidas en cuenta, para una futura planificación tendiente a profundizar el proyecto institucional.
Los resultados del análisis caracterizan los distintos grupos en función de los siguientes criterios clasificatorios: Disposición a implementar su espacio de aprendizaje utilizando los recursos tecnológicos institucionales o no y las creencias que tengan sobre el impacto que eventualmente las TIC pueden tener sobre la enseñanza; Implementación del aula o no y opinión respecto de las posibilidades de la tecnología de mejorar la comunicación con los alumnos. Por último, encontramos otra forma de agrupamiento de los docentes a partir de su percepción respecto de sus conocimientos tecnológicos y la carga de trabajo que perciban como emergente de la implementación de la modalidad en su cátedra.

Palabras Claves: Tipologías docentes, Planificación, TIC, Blended Learning

1.INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos llevan implícitos consecuencias que van mucho más allá de la mera evolución tecnológica, pues están provocando permanentes cambios en la forma de hacer las cosas, en los sistemas de intercambio de información y en la forma de vida, afectando a las personas en todas sus actividades[4]. La educación no ha quedado al margen de estos cambios y ha tenido que adaptarse al vertiginoso ritmo de avance de aquellos. Esto implica, desde nuestra perspectiva de estudio, que la universidad debe estar atenta a lo que sucede y, por sobre todo, debe ser capaz de mejorar cualitativamente el proceso de enseñanza y aprendizaje al interior de las aulas; de manera que sea actualizada y pertinente a las demandas concretas provenientes del mundo profesional. Bajo este escenario, por lo general, se opta en invertir mucho en tecnología y se sugiere a los docentes que las TIC deben ser parte integral de sus actividades de aula. Muchos docentes están capacitados sobre el manejo de "hardware" y "software", pero muy pocos son capacitados en estrategias para integrar adecuadamente las TIC en sus asignaturas. Para la incorporación de TIC, usualmente las instituciones universitarias privilegian la inversión en infraestructura, conectividad, software, equipamiento, plataformas virtuales y demás dispositivos tecnológicos. Sin embargo, no han focalizado su acción en la caracterización y especialización del perfil docente, ni en los aspectos que podrían incidir en el uso y el modo de integración de las TIC en las prácticas pedagógicas. Muchas veces el no considerar estas características, provocan que la inversión institucional en tecnología no sea aprovechada adecuadamente [5]. En Argentina, a partir de los procesos de acreditación de las carreras de ingeniería que se vienen llevando adelante desde el año 2003, desde distintos ámbitos educativos, entre ellos desde la Comisión Nacional de Acreditación y Evaluación Universitaria (CONEAU), se han realizado señalamientos en el sentido de que las instituciones comprometan en sus planes de mejora acciones conducentes a optimizar la enseñanza que se imparte. A partir de los primeros resultados de la acreditación de las carreras de ingeniería, la Secretaría de Políticas Universitarias ha implementado los denominados Programas de Mejoramiento de las Ingenierías (PROMEI I y II), a fin de contribuir al fortalecimiento de las carreras. Los objetivos de los programas pueden sintetizarse en los siguientes puntos: a) Promover el mejoramiento de la calidad de la enseñanza de la ingeniería, a través del apoyo a los planes de mejora que las universidades hayan comprometido en el marco de los procesos de acreditación. b) Estimular la convergencia y cooperación de las unidades académicas y carreras de ingeniería y propender al aprovechamiento conjunto de los recursos físicos y humanos. c) Promover la formación de redes académicas interuniversitarias para el desarrollo de actividades de docencia, investigación, vinculación y transferencia. d) Estimular la contribución de las carreras de ingeniería al desarrollo local, a través de la utilización de los resultados de las actividades de Investigación y Desarrollo, Vinculación y Transferencia, para el abordaje de las necesidades de desarrollo locales y regionales. En el marco de estos programas, una de las estrategias que la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FIUNLZ) viene desarrollando, ha sido la integración de las TIC como complemento a la enseñanza presencial, a partir de la convicción de que el uso adecuado de estas herramientas impacta positivamente en la calidad de la enseñanza que se imparte, al poner a disposición del alumno herramientas alternativas para el seguimiento de la cursada regular. Si bien las actividades se iniciaron en el año 2005, el interés que despertó la iniciativa entre los docentes, ha llevado a las autoridades de la Facultad a incluir dentro de los componentes del PROMEI II un proyecto para la integración de las TIC a la enseñanza presencial. El programa comprende acciones de capacitación de los docentes, por lo que se encuentra vigente un convenio con el Instituto Universitario Aeronáutico (IUA), para el dictado de cursos de metodología para la enseñanza mediada tecnológicamente y desarrollo de objetos didácticos, y se inician los trámites para la adquisición de una Plataforma ya consolidada que reemplace la experimental con la que se venía trabajando desde el año 2005. Es así, que actualmente la Unidad Académica cuenta con aulas en la Plataforma E-educativa que está operativa en la siguiente dirección www.itc-unlz.com.ar. Coincidentemente con el despliegue de esta estrategia, se ve la necesidad de generar un espacio de investigación de las propias prácticas de enseñanza y aprendizaje, por lo que casi simultáneamente se crea el Instituto de Investigaciones en Tecnología y Educación (IIT&E), que tiene como misión generar conocimiento que retroalimente, a través de los resultados de las investigaciones que se realicen sobre experiencias educativas realizadas a través de la plataforma, información estratégica para la toma de decisiones

en la propia Unidad Académica y en la gestión de la innovación tecnológica en el ámbito educativo universitario en general.
Por lo tanto, es necesario que las instituciones dispongan de los datos necesarios en los que sostener sus decisiones. Sin embargo la heterogeneidad de los perfiles docentes y la escasa tradición de estos tipos de estudio, dificultan la adopción de acciones orientadas a sus diferentes necesidades La posibilidad de desarrollar un modelo de intervención que tenga en cuenta estas cuestiones, constituye el objetivo principal del presente trabajo.

2. DESARROLLO

Cada vez son más las instituciones de formación superior que realizan sus diferentes actividades, tanto docentes como administrativas, apoyándose en un elenco de TIC, y esta utilización se presenta como un parámetro significativo de calidad de la propia institución [6]. Las TIC resultan así, un fenómeno que explica que, en muchos países, la educación ha sido y está siendo fuertemente influenciada por su inserción, y que como consecuencia de este cambio, puede observarse una educación más equitativa, una optimización de los recursos, la mejora de los procesos de enseñanza aprendizaje y la generación de una formación continua. Estas cuestiones permiten observar la emergencia de nuevos entornos tecnológicos, que conducen a cambios en la organización y en el proceso de enseñanza-aprendizaje [7]. El presente estudio pretende medir el fenómeno derivado de los procesos de innovación en universidades argentinas; concretamente las capacidades docentes y la integración de Tecnologías de la Información y Comunicación, bajo la modalidad Blended Learning. El blended learning es un proceso de enseñanza que consiste en el dictado de un curso cuyo formato incorpora tanto clases presenciales como clases no presenciales, valiéndose del e-learning. ¿Cuál es la diferencia entre el e-learning y el blended learning? En el proceso de e-learning el profesor cumple el rol de tutor on line y su herramienta de trabajo, en vez de ser un pizarrón, es Internet. Como las clases no son presenciales, el profesor aprovecha todos los recursos informáticos para que el curso on-line sea más fácil, dinámico y atractivo. En el proceso blended learning, el profesor cumple el rol tradicional y el de tutor on-line. La combinación de ambas estrategias le otorga al proceso de aprendizaje una mayor flexibilidad e inmediatez, tanto en la evacuación de dudas como en la resolución de problemas. Permite mayor rapidez tanto en el acceso mucho más rápido al material de estudio como en el proceso de retroalimentación de ideas
Se trata de un estudio de caso, que se desarrolló en el ámbito de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, en el marco de la experiencia que tuvo lugar durante los años 2005 a 2011. A partir de la definición operacional se elaboró una encuesta. La encuesta se administró a cuarenta y dos (42) docentes de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. El criterio para la selección de la muestra fue intencionado, ya que se buscó seleccionar Profesores, Titulares, Asociados o Adjuntos, pero que desempeñaran el rol de responsables de cátedra, en cuanto a que de ellos dependiera la decisión de implementar o no el Aula Virtual. Una condición adicional a la anterior, y a fin de saturar la muestra, se convocó a docentes que no tenían implementada el Aula Virtual, de manera de relevar la visión de aquellos que no adhirieron a la convocatoria institucional de integrar las TIC al proceso de enseñanza. Con el objetivo de explorar si se evidenciaban regularidades en el comportamiento de los sujetos de la muestra, que nos permitiera establecer alguna tipología, se decidió aplicar técnicas de Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (AFCM). El Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (AFCM) es una técnica multivariada de aplicación en el análisis exploratorio de datos multidimensionales [8]. La búsqueda se orientó a explorar la existencia de tipologías, mediante la comparación de las unidades de observación. A través del método, se intenta explorar la relación existente entre algunas de las características observadas, resumiendo el conjunto de ellas en un número menor de variables relacionadas. Se realizaron diferentes análisis considerando la variable Experiencias de la incorporación de Tic, a través de algunos de sus indicadores: Uso de Tic en la práctica docente, Implementación Aula Virtual Institucional, Impactos en el proceso de enseñanza y aprendizaje y Mejora en la comunicación entre docentes y alumnos.

2.1.- Relación entre Uso de Tic en la Práctica Docente - Implementación Aula Virtual - Impacto en el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje.

Se consultó a los docentes si: En la/s asignatura/s que imparte ¿Utiliza las TICs? (Si - No) ; Implementación del Aula Virtual (Si- No - No Contesta) ; Implementación grupos yahoo; Implementación de otra aula ; El Aula Virtual ha impactado positivamente en el proceso enseñanza-aprendizaje (Totalmente de Acuerdo, Medianamente de Acuerdo, Escasamente de Acuerdo, No Contesta). A partir de los resultados obtenidos, y que se exponen en la Figura 1, se observa la existencia de tres tipologías de docentes que se presentan agrupadas en la Figura 2.

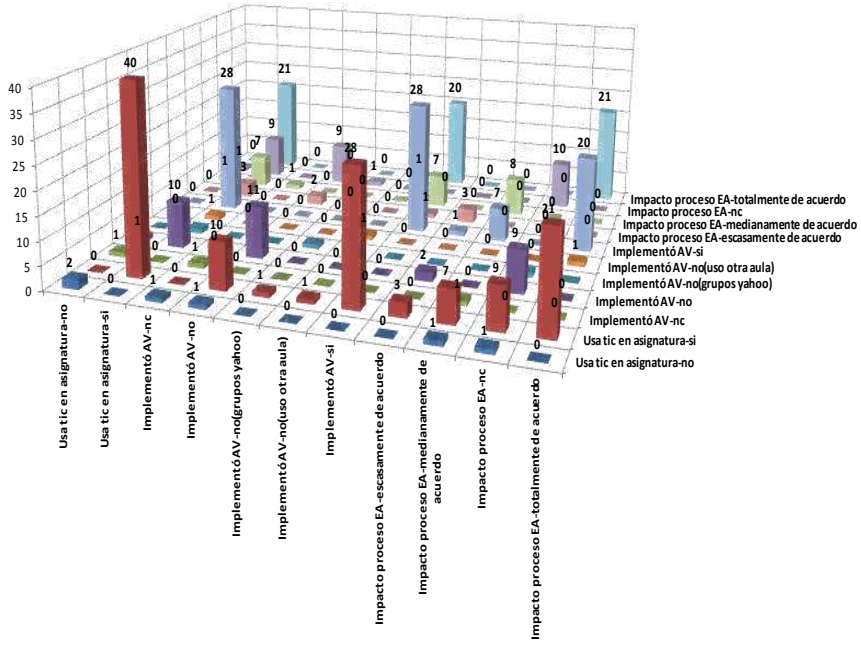


Figura 1 1: Vista 3D Tabla Burt - Análisis Factorial Correspondencias Múltiples

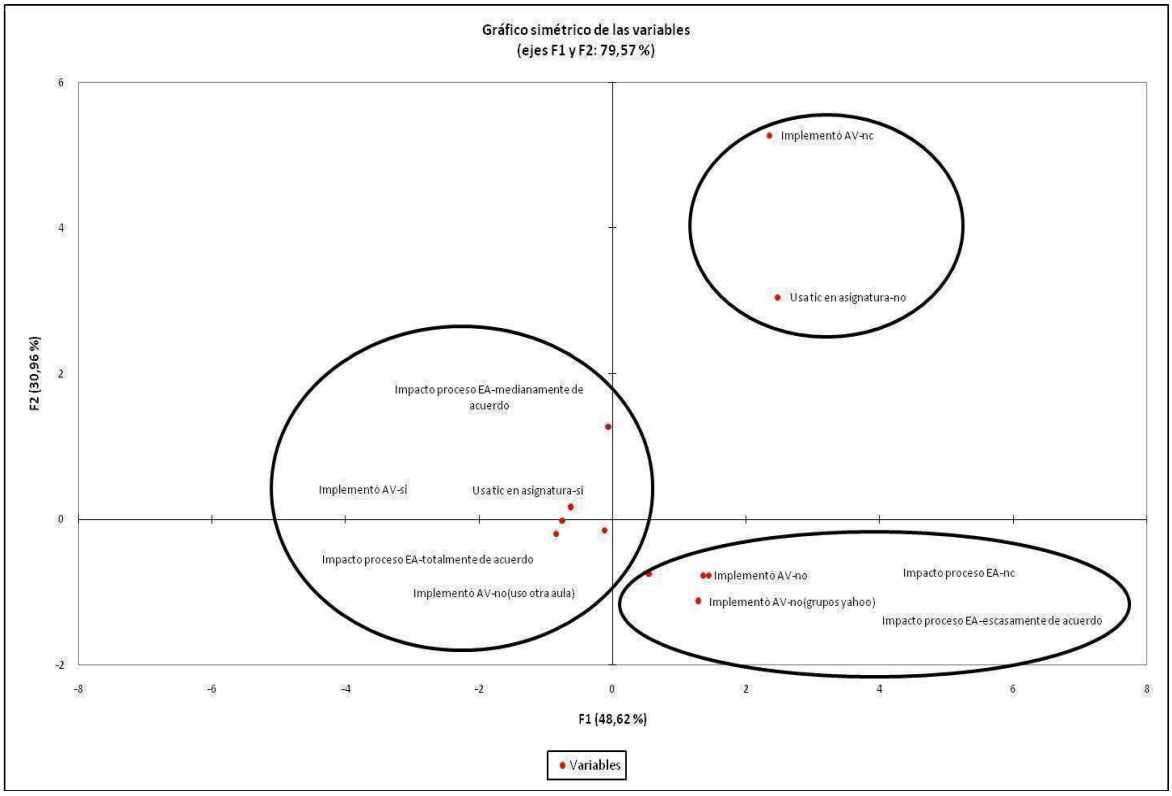


Figura 2: Clasificación de Variables (Gráfico simétrico)

Variables	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Utilización de TIC en la docencia	Si	Si	No
Implementación Aula Virtual Facultad	Si	No	No contesta
Implementación Grupos Yahoo	-	Si	-
Implementación otra Aula Virtual	Si	-	-
Impacto de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje	▪ Totalmente de acuerdo ▪ Medianamente de acuerdo	▪ Escasamente de acuerdo ▪ No contesta	-

Tabla 1: Comparación Tipología de Docentes.

Las tipologías halladas (Tabla 1) nos permiten señalar que existe un grupo de docentes, el Grupo C, que no utilizan las TIC en la docencia, que no responde sobre la implementación del Aula Virtual y que no han elaborado opinión sobre el posible impacto de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Consideramos que, en este caso, se trata de docentes que ni siquiera han evaluado la posibilidad de incorporarlas, ya que al ser consultados, no emiten juicio alguno – ni positivo ni negativo. Por otra parte, otras respuestas se agrupan en torno a las características que identifican al Grupo A, se trata de docentes que incorporan de diferente manera las TIC en la enseñanza, (Aula

Virtual de la Facultad, otra Aula Virtual, Grupos virtuales, etc.) y están total o medianamente de acuerdo, en que la incorporación de las TIC a la enseñanza deriva en impactos positivos. Por último, el conjunto de docentes que se agrupan en torno a las características del Grupo B, expresan una posición intermedia; si bien no han implementado el Aula Virtual en la Plataforma Institucional, manifiestan que utilizan las Tic en la enseñanza a través de recursos tales como la constitución de grupos como Yahoo; al tiempo que opinan que las TIC tienen un escaso impacto en el proceso de enseñanza. Estos resultados nos llevan a pensar que el desconocimiento de los posibles beneficios que se derivan de la incorporación de las TIC a la enseñanza, constituye una barrera para la toma de decisión – positiva o no- de integrarla a la enseñanza. Se estaría evidenciando una relación inversamente proporcional entre conocimiento del impacto de Tic en la enseñanza con nivel de integración de las mismas a la práctica docente.

2.2.- Relación entre Uso de Tic en la Práctica Docente - Implementación Aula Virtual - Mejora la Comunicación entre Docentes y Alumnos

Se consultó a los docentes con respecto a : En la/s asignatura/s que imparte ¿Utiliza las TICs? (Si - No) ; Implementación del Aula Virtual (Si - No - No Contesta) ; Implementación Grupos Yahoo; Implementación de otra Aula ; El Aula Virtual ha mejorado la comunicación entre los docentes y alumnos (Totalmente de Acuerdo, Medianamente de Acuerdo, Escasamente de Acuerdo, No Contesta). A partir de los resultados obtenidos en la prueba, y que se representan en la Figura 3, se observa la existencia de dos tipologías de docentes. (Ver Figura 4)

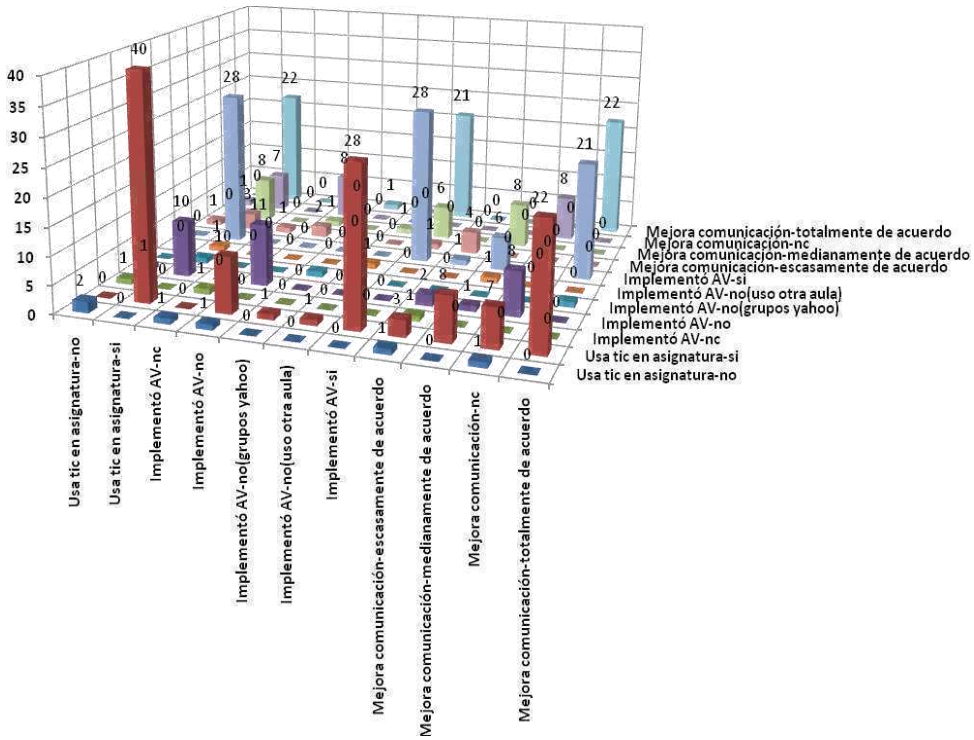


Figura 3: Vista 3D Tabla Burt- Análisis Factorial Correspondencias Múltiples

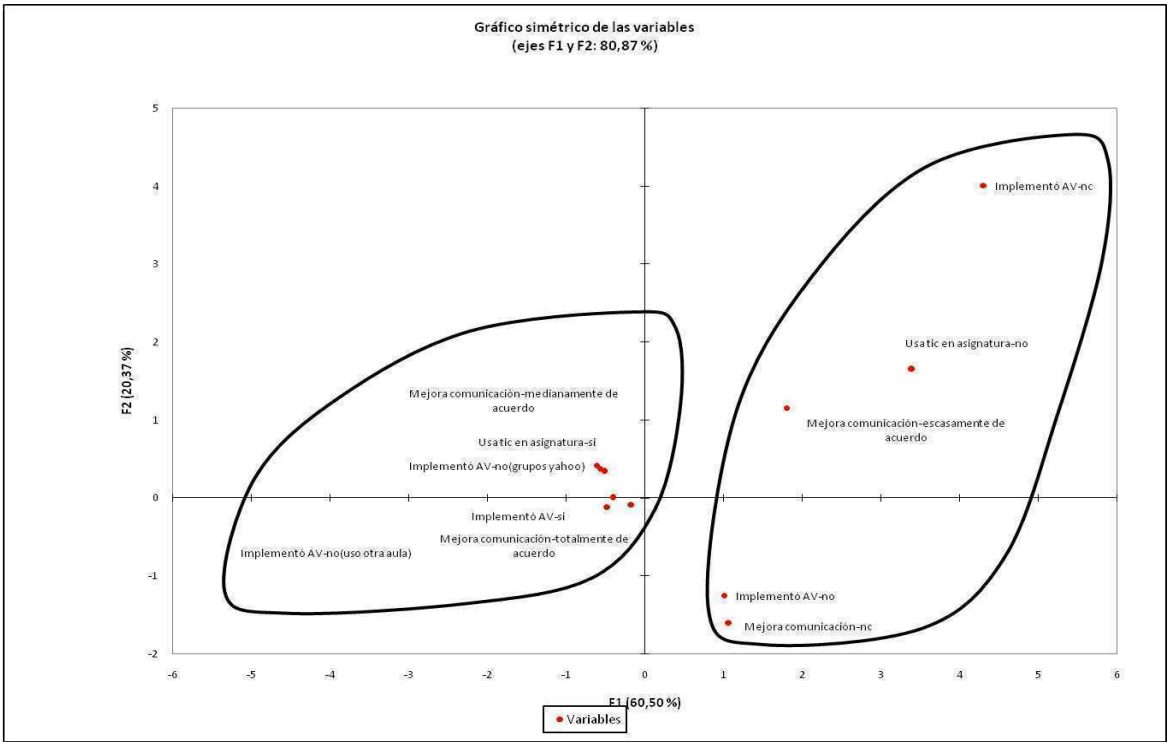


Figura 4: Clasificación de Variables(Gráfico simétrico).

Variables	Grupo A	Grupo B
Usa TIC en la docencia	Si	No
Implementación de Aula Virtual	Si	No No contesta
Implementación Grupos Yahoo	Si	-
Implementación otra Aula Virtual	Si	-
Mejora la comunicación entre docente y alumno	▪ Totalmente de acuerdo ▪ medianamente de acuerdo	▪ No contesta ▪ Escasamente de acuerdo

Tabla 2: Comparación Tipología de Docentes**.**

Las tipologías halladas y descriptas en la Tabla 2, nos permiten señalar que existe un grupo de docentes (Grupo B), que no utilizan las TIC en la docencia y no han implementado el Aula Virtual. Por otro lado, quienes pueden ser identificados como integrantes del Grupo A, utilizan las TIC en la docencia, han implementado el Aula Virtual en la Plataforma Institucional, utilizan grupos virtuales (Yahoo) u otra Plataforma y, además, están total o medianamente de acuerdo en que la integración de las TIC mejora la comunicación entre docentes y alumnos. Se observa que, como en la clasificación anterior, los docentes comprendidos en la tipología B, que no utilizan las TIC en la docencia, no han emitido opinión o, están escasamente de acuerdo en que la integración de las TIC mejore la comunicación entre docentes y alumnos. Estos resultados nos llevan a considerar que, el desconocimiento de los impactos reales de las TIC en la comunicación, podría estar influyendo en la reticencia que muestran los docentes a incorporar las TIC a su tarea docente.

2.3.- Relación entre Dificultades que encuentra al incorporar la Herramienta Informática a la Docencia - Considera que no cuenta con suficientes Conocimientos Tecnológicos y el Uso de las TICs incrementa excesivamente el Tiempo que dedica a la Cátedra.

Los docentes fueron consultados con respecto a: ¿Encuentra dificultades para incorporar las herramientas informáticas a su labor docente?: Si; No; No Contesta.; Considera que no cuenta con suficientes conocimientos tecnológicos: Suficientes; Insuficientes; No Contesta.; El uso de las TICs incrementa excesivamente el tiempo que dedica a la cátedra: Si; No. A partir de los resultados obtenidos en la prueba, y que están representados en la Figura 5 se observa la existencia de tres tipologías de docentes (Figura 6).

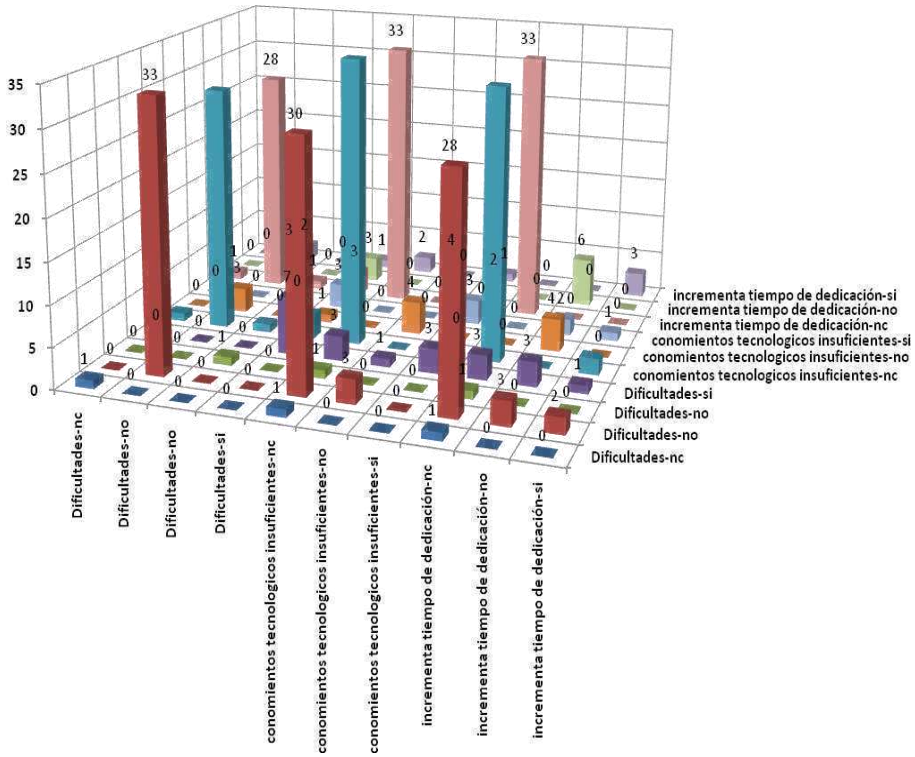


Figura 5: Vista 3D Tabla Burt- Análisis Factorial Correspondencias Múltiples

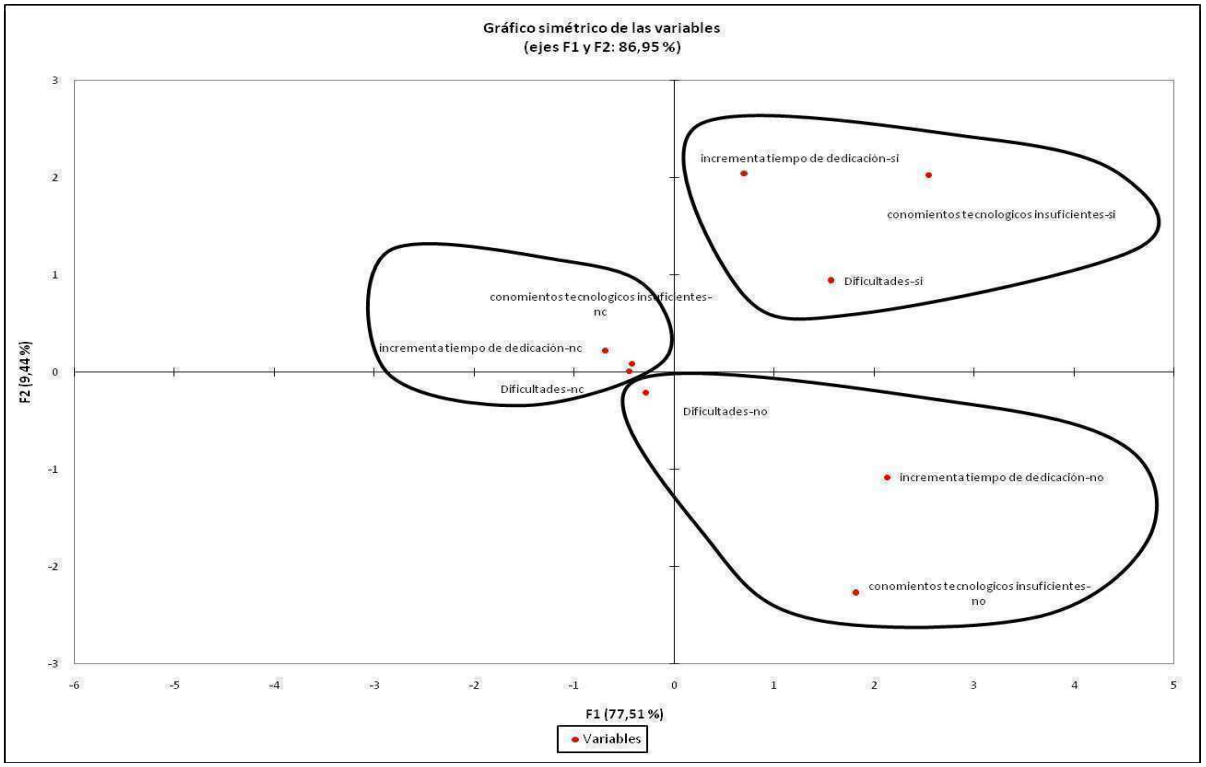


Figura 6 : Clasificación de Variables (Gráfico Simétrico).

Variables	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Incrementa el tiempo de dedicación	No	Si	No contesta
Conocimientos tecnológicos	Suficientes	Insuficiente	No contesta
Dificultades para incorporar las herramientas informáticas a la docencia	No	Si	No contesta

Tabla 3: Comparación Tipología de Docentes.

Las pruebas realizadas dan como resultado un grupo de docentes, Grupo A, cuyas creencias están orientadas a aceptar las TIC, no percibir dificultades tecnológicas para adoptarla en su labor docente, al tiempo que no consideran que esta estrategia didáctica represente un incremento de su dedicación. Por otro lado, se encuentran agrupadas las respuestas que nuclean a aquellos docentes del Grupo B, que perciben como una carga o incremento a la labor, las actividades que se derivan como una consecuencia necesaria de la integración de las TIC a la docencia, que encuentran dificultades y consideran que tienen conocimientos tecnológicos insuficientes. Por último, las respuestas correspondientes a los docentes del Grupo C, permiten caracterizarlo como indiferente, ya que no tienen juicios formados sobre las dimensiones que se analizan (Tabla 3).

3. CONCLUSIONES.

La experiencia de integración de TIC en la modalidad Blended Learning, que venía desarrollándose en la FI UNLZ como proyecto piloto desde el año 2005, se constituyó en una oportunidad para relevar datos que nos permitieran caracterizar la experiencia, desde la perspectiva del docente, y a partir de la misma contribuir, con nuestro trabajo, a elaborar un modelo teórico acerca de las condiciones necesarias y suficientes, que aseguren el éxito de la integración de las TIC a la enseñanza universitaria. La experiencia de la FI UNLZ comenzó con la apertura de cinco cursos en la plataforma de uso libre Claroline. Durante los siguientes cinco años, se realizaron convocatorias voluntarias a docentes para que participaran de la experiencia, se planificaron diferentes capacitaciones dirigidas a los mismos y se contrató el acceso a una primera plataforma institucional. A partir de estas acciones, la evaluación de la experiencia, desde los responsables de la gestión, fue satisfactoria; toda vez que se evolucionó de la predisposición inicial de solo cinco docentes a participar de lo que inicialmente se definió como un experimento, al compromiso de un grupo numeroso de profesores y cátedras que adhirieron a la incorporación de las TIC al proceso de enseñanza aprendizaje. Adicionalmente, las encuestas que periódicamente se realizan a los alumnos, relevaron la satisfacción de los mismos por las oportunidades que el uso del aula virtual les brindaba, opiniones estas que además fueron detectadas en sucesivos estudios que se llevaron a cabo [9],[10],[11] Sin embargo, hasta ese momento la opinión de los docentes no había sido estudiada en forma sistemática, si bien se contaba con testimonios que daban cuenta de sus percepciones y evaluaciones personales acerca de la experiencia y del impacto que la innovación había tenido en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Nuestro abordaje sistémico de la experiencia educativa en la unidad académica, nos llevó a preguntarnos si era posible asociar algunos aspectos del comportamiento de los docentes, sus actitudes, y opinión valorativa, respecto de algunas cuestiones vinculadas a la implementación de este tipo de proyecto, y por lo tanto si podíamos inferir la existencia de tipologías de docentes que nos permitiera diseñar estrategias de abordaje, según las características de cada colectivo. A partir de los resultados del análisis descriptivo puede afirmarse que los resultados revelan que la experiencia se llevó adelante en un ámbito constituido por docentes con buenos conocimientos en TIC, dispuestos a integrar la tecnología a la enseñanza, y con una valoración positiva acerca del impacto de las mismas en el proceso de enseñanza aprendizaje. Además, fue posible concluir que existe relación entre la Implementación del Aula Virtual en la Plataforma por parte de los docentes y las acciones desarrolladas por la Facultad como parte de su política de integración de TIC a la enseñanza. Asimismo, se observa que aquella implementación se asocia a las creencias de los docentes sobre los beneficios que habitualmente -y de acuerdo a las posiciones teóricas mayoritarias- se derivan de la integración. A partir del análisis factorial de correspondencias múltiples, que se aplicó a nuestros datos, se evidencia la existencia de tipologías docentes, que podrían ser tenidas en cuenta en un futuro, para la planificación de acciones tendientes a profundizar el proyecto institucional. Las mismas permiten caracterizar los distintos grupos en función de diferentes criterios clasificatorios. Por un lado, a partir de la disposición a implementar su espacio de aprendizaje utilizando los recursos tecnológicos institucionales o no y las creencias que tengan sobre el impacto que eventualmente las TIC pueden tener sobre la enseñanza. Otra tipología se conforma en torno a la implementación del aula o no y la opinión que se tenga respecto de las posibilidades de la tecnología de mejorar la comunicación con los alumnos. Por último, encontramos otra forma de agrupamiento de los docentes que se desprende de la percepción que tengan respecto de sus conocimientos tecnológicos y la carga de trabajo que perciban como emergente de la implementación de la modalidad en su cátedra.

4. REFERENCIAS.

[1] Salinas, J. (2004a). *Hacia un modelo de educación flexible: Elementos y reflexiones.* En Martínez, F., Prendes, M.P. (coord.): *Nuevas Tecnologías y Educación*. Madrid, Pearson/ Prentice Hall.

[2] Pincas, A. (2003). Gradual and Simple Changes to incorporate ICT into the Classroom. En elearningeuropea.info. [en línea] < http://www.elearningeuropa.info/en/article/Gradual-and-Simple-Changes-to-Incorporate-ICT-into-the-Classroom> [consulta: enero, 12, 2012]

[3] Rodriguez, M. (2009). Competencias Docentes y Calidad de la Educación Superior en Ambientes Virtuales. *En Revista Iberoamericana de Investigación en Educación Superior:* Avances del primer Encuentro Internacional de de Investigación en Educación Virtual. Bogotá. Colombia.

[4] Marqués, P. (2002). *El impacto de la sociedad de la Información en el mundo educativo.* Recuperado de http://www.peremarques.net/impacto.htm

[5] Novoa, R et al. (2007). *Nivel de integración de TIC en docentes del área de las ciencias matemáticas de la universidad de la Frontera*. Ponencia presentada al XXI Congreso Chileno de Educación en Ingeniería. Santiago de Chile, Chile.

[6] Cabero, J. (2001). *Tecnología Educativa. Diseño y utilización de medios en la enseñanza*. Ediciones Paidós: Barcelona.

[7] Brünner, J. (2000). G*lobalización y el futuro de la educación: tendencias, desafíos, estrategias.* Seminario sobre Prospectiva de la Educación en la Región de América Latina y el Caribe UNESCO, Santiago de Chile, Chile.

[8] Hernández Sampieri,R., Fernandez Collado,C. y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial MC. Graw Hill.

[9] Pascal, O.; Campoli, O.; Comoglio, M. & Minnaard, C. (2010*).* Impacto de las Tics en los docentes carreras de ingeniería. (pp. 2676-26949). En *39 JAIIO 2010. Jornadas Argentinas de Informática SSI Simposio sobre la Sociedad de la Información. Sociedad Argentina de Informática*. ISSN: 1850-2830

[10] Pascal, O.; Campoli, O.; Abdel Masih, S.; Comoglio, M. & Minnaard, C. (2010). *Diseño de modelos de enseñanza universitaria en la modalidad blended learning*. Póster presentado en el Congreso Internacional de Ingeniería. Buenos Aires, Argentina.

[11] Pascal, O.; Campoli, O.; Abdel Masih, S.; Comoglio, M. & Minnaard, C. (2010). *Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y su aplicación a la enseñanza de la Ingeniería a través de modelos de enseñanza centrados en el alumno*. Póster presentado en el XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, El Calafate, Argentina.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Enseñanza de Vibraciones Mecánicas con énfasis en la formación práctica

Girón, Pablo; Ercoli, Liberto; La Malfa Salvador; Azurmendi, Virginia

Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional.
11 de abril 461. pgiron@frbb.utn.edu.ar

RESUMEN

En los últimos años se ha popularizado el término inglés “hands-on” para denominar, en el caso de la ingeniería, metodologías de enseñanza vinculadas no solo al “saber”, sino al “saber hacer”. Este enfoque pedagógico revaloriza el aprendizaje práctico, no en detrimento de los sólidos conocimientos teóricos que indudablemente debe poseer un ingeniero, sino como un complemento formativo que permita al nuevo profesional rápidamente adaptarse al trabajo en proyectos industriales, orientados a la concreción de resultados tangibles e innovadores. A través de este enfoque, no se pretende que un ingeniero sepa “como” para indicar a otros “como hacer”, sino que sepa “hacer” con sus propias manos como forma de materializar sus ideas.
Las economías actuales, que necesitan innovar permanentemente en un ámbito sumamente competitivo para poder crecer, requieren de este tipo de perfiles para el diseño y fabricación de nuevos productos que puedan mejorar/reemplazar a los anteriores diseños. Por otra parte, la sociedad misma requiere de nuevos profesionales capaces de modificar positivamente su entorno, con la capacidad de convertir los cada vez más escasos recursos naturales en bienes útiles para la vida humana.
Teniendo en cuenta este marco, la asignatura Vibraciones Mecánicas, que articula con varias materias vertical y horizontalmente durante el trayecto del alumno en la carrera Ingeniería Mecánica, ha implementado una modalidad de enseñanza – aprendizaje que privilegia la utilización de herramientas y equipos para “hacer”. De esta forma, el alumno puede construir el aprendizaje de la disciplina a partir de su propia experiencia, con sus manos y sus sentidos. Se privilegia la observación y el pensamiento deductivo como una manera de construir conocimientos significativos e inamovibles, al igual que en cualquier proceso de creación de conocimiento científico. Este enfoque se contrapone con la tradicional modalidad de enseñanza expositiva, donde alguien “enseña” y los alumnos juegan el rol de actores pasivos que “aprenden”. La asignatura tiene la particularidad, por otra parte, de dictarse en el ámbito de una empresa inserta dentro de un parque industrial, por convenio con la Facultad.
Esta publicación se propone entonces resumir la experiencia obtenida en el aprendizaje de esta disciplina y sus principales resultados.

Palabras Claves: Enseñanza, Ingeniería, Competencias prácticas, Vibraciones

1. INTRODUCCIÓN

Los desafíos de la ingeniería para los próximos años hacen que los futuros profesionales deban formarse en nuevas capacidades tales como: habilidad práctica en el uso de tecnologías, pensamiento crítico, flexibilidad, interculturalidad, proactividad y liderazgo, capacidades de comunicación y diálogo; capacidad de interrogación sobre los nuevos problemas; racionalidad ética ambiental, compromiso social, entre otras.
Para conseguirlo, es necesario trabajar en su formación en el trayecto universitario con una perspectiva integradora de factores e instancias de diversas actividades académicas, de extensión e investigación, donde la docencia se convierte en el eje estructurante de las mismas. En esta dirección, los procesos de aprendizaje deben desplegarse en un ambiente de formación que se multiplica en tiempo y espacio, privilegiando el aprendizaje intercátedra a través de por ejemplo, proyectos compartidos. Deben también resignificarse los espacios de aprendizaje en taller, como una forma de integrar el saber teórico con la práctica y las condiciones profesionales en el espacio académico y el campo profesional, en la realidad.
Desde el punto de vista de la modificación de las prácticas docentes, las Referencias 1 a 6 proponen acentuar la enseñanza de la ingeniería haciendo hincapié en la resolución práctica de problemas reales, describiendo programas que proveen habilidades y entrenamiento en el uso de herramientas, culminando en experiencias de proyectos de diseño y construcción.
La Sociedad Americana de Enseñanza de la Ingeniería –ASEE- (7) propone renovar en forma continua la enseñanza de la ingeniería diseñando ambientes efectivos de aprendizajes, para lo cual se requiere como mínimo que expertos en ingeniería y educación trabajen en ciclos continuos de práctica educativa e investigación. Según la ASEE, la clave para lograr este cometido es la integración entre ingeniería y aprendizaje, señalando que la reciente expansión del aprendizaje a través de la experiencia (hands-on) en muchas carreras de ingeniería está captando los deseos de los estudiantes por una educación que les permitirá contribuir a la solución de problemas sociales significativos.
Lamancusa et al (8) han desarrollado el concepto de enseñanza que denominan “Fábrica de aprendizaje”, el cual integra un currículo basado en la práctica y equipamiento avanzado de fabricación. La meta es proveer una nueva experiencia educativa en ingeniería que enfatiza la interdependencia del diseño y la fabricación en un ambiente de negocios, ofreciendo un balance entre la ciencia y la práctica de la ingeniería. El elemento clave de este método es la combinación de la revitalización del currículum con oportunidades coordinadas para la aplicación y la experiencia práctica, diluyendo los límites tradicionales entre clase y laboratorio, la academia y la práctica industrial.
Estos conceptos mencionados en los párrafos anteriores, han sido aplicados a la enseñanza de Vibraciones Mecánicas en la Facultad Bahía Blanca, quizá desde antes que al menos en nuestro entorno, comenzara a plantearse la necesidad de impulsar este tipo de modelos de enseñanza – aprendizaje.

2. CONTEXTO EDUCATIVO - PRODUCTIVO

Varios elementos confluyen hoy para incentivar la adopción de modelos de enseñanza que consideren los elementos planteados en los párrafos precedentes, a saber:
- La existencia de diseños curriculares que fomentan la integración entre materias en la enseñanza de ingeniería.
- El fomento a la interacción universidad – empresa, desde los ámbitos de extensión, investigación y desarrollo, potenciando espacios de inclusión para la formación profesional de mayor cantidad de estudiantes y propiciando por otra parte la integración de los mismos en procesos de interfase educativos/productivos.
- La creación de una herramienta de integración entre la universidad y la industria local, tal como la Plataforma Tecnológica (Platec), ente cogestionado por la Facultad Regional Bahía Blanca de UTN,

el Consorcio del parque Industrial de Bahía Blanca (CPIBB) y la Municipalidad de Bahía Blanca, cuyo objetivo es la incorporación de nuevas tecnologías de producción en el entramado productivo local.

2.1. Los diseños curriculares con espacios integradores

En el año 1994 se produce un cambio importante en el diseño curricular de Ingeniería Mecánica en la UTN. Los nuevos diseños incorporan los espacios de integración horizontal y vertical entre materias del mismo y distinto nivel, como forma de generar ámbitos de trabajo profesional para los estudiantes, e intentando romper los compartimientos estancos entre materias. Esta filosofía absolutamente innovadora dentro de los diseños curriculares de la época, impactó no solo en las materias específicamente integradoras, sino que se derramó como una filosofía de construcción curricular sobre el resto de las asignaturas de la carrera. En particular en el área de Vibraciones Mecánicas, los contenidos que desarrolla la materia integran explícitamente las asignaturas de Mecánica Racional, Elementos de Máquinas, Cálculo Avanzado, Electrónica y Sistemas de Control, tomando como insumo base los contenidos de ellas, y montando en cada asignatura clases demostrativas que sirven para que el estudiante valore en cada una de las disciplina los elementos que conducirán luego a la solución de problemáticas profesionales en la temática.

2.2 La integración Universidad - Empresa

La Facultad ha encarado en el último decenio una política de vinculación entre la institución y el medio industrial que resulta ejemplo dentro del contexto de la UTN. Esta política de integración interinstitucional ha resultado en convenios de uso compartido de talleres industriales para actividades de laboratorio. En particular en este caso, los convenios de colaboración mutua con la empresa Vibromax S.R.L., han permitido el acceso al equipamiento de última generación que la empresa posee para el dictado de al asignatura Vibraciones Mecánicas. Más allá de eso, los alumnos acceden a prácticas y visitas a través de las actividades que la propia empresa realiza para terceras industrias de la zona.

2.3 El entorno industrial para la enseñanza La creación de PLATEC

La creación de la Plataforma Tecnológica (PLATEC) tiene por objeto desarrollar un área de interfase entre Universidad y empresa donde las cátedras puedan interactuar directamente en contacto con la industria, realimentándose diariamente con los problemas concretos que ésta última plantea. Se busca de esta manera que los alumnos participen activamente en la resolución de problemas, como forma de avanzar un peldaño en las políticas de integración con el medio, y la puesta en práctica de metodologías de aprendizaje centradas en la práctica profesional.
La creación de PLATEC no resulta un hecho más en la política de integración con el medio industrial, sino que su existencia puede revolucionar la vida institucional de la Facultad, con un impacto sobre las cátedras y sus métodos de trabajo.

Tabla1: cantidad de inscriptos por año en la asignatura Vibraciones Mecánicas

Año	Cantidad de inscriptos por año
2004	10
2005	10
2006	16
2007	9
2008	19
2009	10
2010	21
2011	13
2012	8

2. *LA ENSEÑANZA TEÓRICO – PRÁCTICA INTEGRADA Y EL AUTOAPRENDIZAJE EN LA CÁTEDRA DE VIBRACIONES MECÁNICAS*

Vibraciones Mecánicas constituye una materia electiva de 5to nivel de Ingeniería mecánica de la Facultad Regional Bahía Blanca. El carácter electivo y su ubicación en el 5to nivel de la carrera hacen que las distintas promociones que acceden a la cátedra no sean muy numerosas. El total de estudiantes por año puede verse en la tabla 1.
La moderada cantidad de estudiantes posibilita una interacción sumamente fluida entre docentes y alumnos, lo que permite el diálogo y la consulta permanente.
La metodología adoptada por la cátedra, al contrario de los esquemas convencionales de enseñanza, reconoce el siguiente ordenamiento:

a. El planteo de situaciones/problemas a través de distintos trabajos prácticos que abordan cada uno de los contenidos de la asignatura. Estos trabajos prácticos refieren en su totalidad al planteo de diversos experimentos sobre sistemas mecánicos reales y de laboratorio, así como la utilización de sistemas de medición de vibraciones de distintos niveles de complejidad, de acuerdo con el momento del desarrollo de la asignatura. Es decir, que de alguna manera se propone la práctica antes de dictar la teoría. Se parte del experimento y la observación.
b. La realización de estas prácticas, que en general requieren inferir el comportamiento de distintos sistemas a partir de los conocimientos previos de las asignaturas con las que se articula. Este primer proceso de aproximación a la explicación de cada fenómeno, se realiza en un marco de discusión e intercambio de ideas entre alumnos.
c. La discusión/debate entre pares y con los docentes para explicar los diferentes hechos físicos que se observan en la práctica y que se desprenden de cada experimento planteado. De esta forma se induce a los alumnos a sacar conclusiones propias e intentar verificarlas.
d. La etapa de análisis colectivo y conclusiones acerca de los sucesos observados, con la puesta en común en el grupo.
e. La explicación teórica del docente como cierre de la actividad, para mostrar fundamentalmente el modelo matemático que explica el fenómeno observado y la concordancia entre el modelo matemático y el problema físico en cada caso, valiéndose en general de algunos ejemplos numéricos que los mismos alumnos desarrollan.

Figura 1: alumnos trabajando en clase con instrumentos para la medición de Vibraciones Mecánicas

Esta metodología permite a cada estudiante con diferente ritmo de avance, “construir” su propio aprendizaje, interactuando con pares como en un equipo de ingeniería real que necesita resolver un problema.
Tal como se planteó en la introducción, varias son las competencias que este sistema permite abordar:
- habilidad práctica en el uso de tecnologías (hands on)

- pensamiento crítico
- capacidades de comunicación y diálogo
- capacidad de interrogación sobre los nuevos problemas

Por otra parte, la materia intenta utilizar como herramienta de evaluación final el régimen de promoción. Dicho régimen toma en cuenta el desempeño del alumno a lo largo del año y propicia la aprobación con un trabajo final integrador que en la medida de lo posible debe involucrar tareas de medición en campo. Por ejemplo, se han desarrollado experiencias de trabajos finales sobre diversas máquinas y mecanismos. En particular resulta interesante mostrar algunos trabajos desarrollados por los alumnos sobre la plataforma de un Citroën C4 que posee la carrera de Ing. Mecánica para uso didáctico. Dicho vehículo fue obtenido por la carrera en el marco de un concurso para instituciones educativas auspiciado por PCA S.A.
Se muestran en las figuras que están a continuación, algunas de las experiencias realizadas donde resalta el carácter integrador de los trabajos. En las figuras 2 y 3 pueden verse los modelos de elementos Finitos (FEM) y el espectro obtenido con una medición de vibraciones con transductor infrarrojo realizado sobre el alojamiento de la varilla de aceite del motor del vehículo mencionado. Se investigó la posible resonancia del sistema citado en un régimen particular del motor.

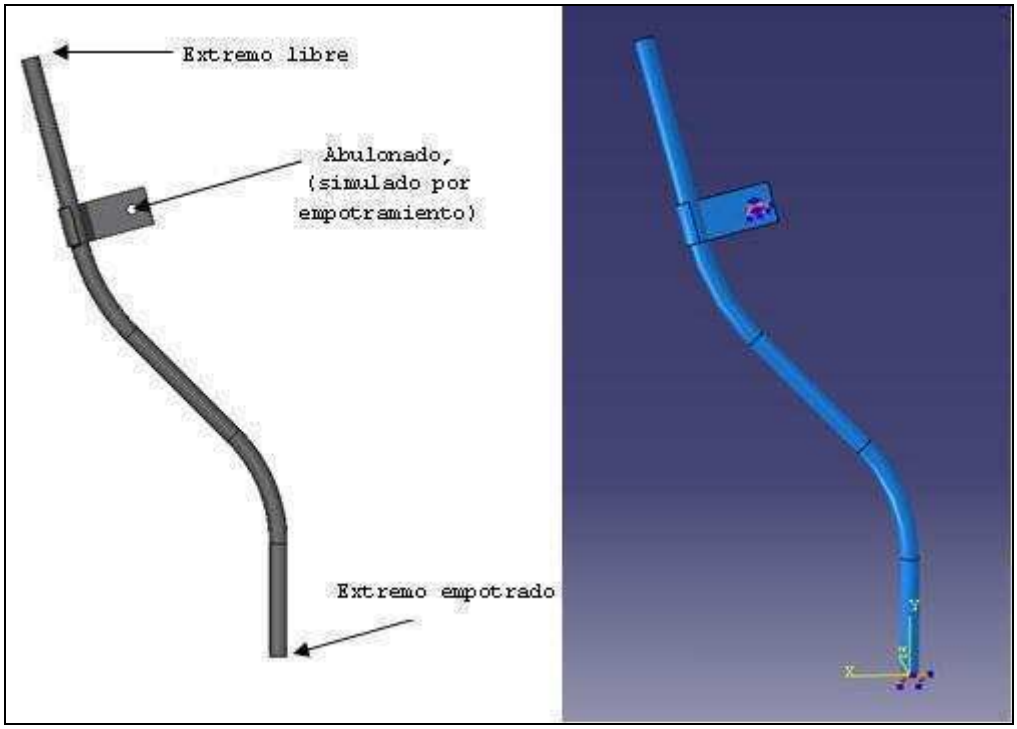


Figura 2: modelo de elementos finitos de medidor de aceite Citroen C4

En la figura 4 puede verse el despiece realizado sobre accesorios de la unidad motriz del vehículo. En algunos de esos accesorios, fundamentalmente alternador y hélice de electro ventilador, se probaron técnicas de balanceo en uno y dos planos por parte de un grupo de alumnos. Es interesante destacar que la experiencia involucró también el montaje de los elementos y puesta en marcha de la unidad, así como la verificación del correcto funcionamiento del vehículo con la tutela de un docente de la cátedra.
Otras experiencias interesantes son las realizadas para la medición de vibraciones y su influencia sobre el cuerpo humano en vehículos de competición. Dicho experimento se realizó utilizando un equipo especialmente acondicionado con acelerómetro triaxial para la evaluación de tiempos

máximos de seguridad y de confort, que normalmente se utiliza para la medición de vibraciones en ambientes laborales (Figura 5).

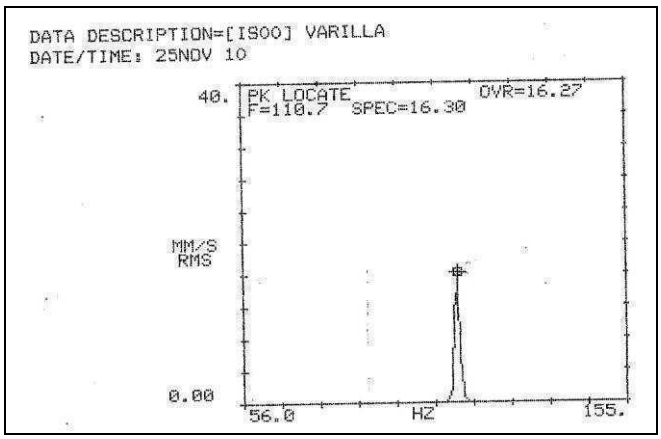


Figura 3: espectro medido con transductor infrarrojo sobre medidor de aceite Citroen C4

Figura 4: Despiece de accesorios de Citroen C 4 para verificación de balanceo en máquina balanceadora

Figura 5: Medición de vibraciones que afectan al cuerpo humano sobre vehículo de competición

Es importante puntualizar que estas experiencias finales e integradoras, proponen al alumno la realización de tareas de investigación. Esta faceta formativa resulta interesante puesto que motiva a trabajar sobre la obtención de nuevos resultados y fomentan el trabajo sobre problemas abiertos, en un marco de incertidumbre, tal como ocurre habitualmente en las tareas vinculadas al ejercicio profesional.

3. CONCLUSIONES.

La implementación de la metodología de trabajo teórico/práctica dentro de la cátedra, ha permitido comenzar a explorar novedosas posibilidades de enseñanza de ingeniería con alumnos avanzados de la carrera.
A pesar de que la experiencia descripta más arriba es de reciente aplicación, los primeros resultados muestran posibilidades de consolidación de la formación profesional de los alumnos desde la práctica diaria de actividades de investigación/observación de experiencias físicas a través de máquinas y modelos. El trabajo habitual en problemas abiertos como estos, estimula la imaginación de los estudiantes, promoviendo un aprendizaje significativo a través de la propia experiencia.
La interacción permanente entre los alumnos se ha mostrado también como una útil herramienta de nivelación de conocimientos, fomentando la discusión y enseñanza/aprendizaje entre pares (peering learning).
Esta experiencia, si bien aplicada hoy a una asignatura que por la cantidad de estudiantes que atiende permite la implementación de metodologías novedosas, tiene como desafío la ampliación a asignaturas curriculares más masivas, como las de los primeros años.
Por último, resulta interesante observar cómo es posible detectar habilidades prácticas en este ámbito, que resultan imposibles de mensurar/estimular mediante los métodos ortodoxos de enseñanza de la ingeniería.

4. REFERENCIAS.

[1] Aglan, H. A., Ali, S. F. (1996). “Hands-on experiences: an integral part of engineering curriculum reform”. Journal of Engineering Education (327-330)

[2] Bedi S., Jawanda A. S., Batish A., (2011). “Hands-on training and international experience in engineering education”. Annual CEEA-ACEG Conference: The Evolution of Engineering Education, Canadá.

[3] Inelmen E., (1998). "Introducing freshmen students hands-on experience in engineering design". Global Congress on Engineering Education, Polonia.

[4] Ercoli L., Girón P. G., Cura O., El entorno industrial de una Facultad de Ingeniería como herramienta para la enseñanza. Aceptado en WEEF 2012. Buenos Aires, 2012

[5] Carlson L. E., Sullivan J. F., Hands-on Engineering: Learning by Doing in the Integrated Teaching and Learning Program. International Journal of Engng Education, 1999 Vol. 15, No. 1, pp. 20-31

[6] Andersen H., Experiences from a Pedagogical Shift in Engineering Education. Global Journal of Engineering Education, 2002 Vol.6, No.2. Australia.

[7] Am. Soc. for Engineering Education, Creating a Culture for Scholarly and Systematic Engineering Educational Innovation. 2009. www.asee.org/about-us/the-organization/advisory-committees/CCSSIE/CCSSIEE_Phase1Report_June2009.pdf

[8] Lamancusa, J.S., Zayas J. L., Soyster A. L., Morell L., Jorgensen J., The learning factory: Industry-partnered active learning – A new approach to integrating design and manufacturing into engineering curricula. Journal of Engineering Education 2008. 97 (1): p. 5-11.

III CAIM 2012

INGRESO Y PERMANENCIA EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA. ¿POR QUÉ FALTAN INGENIEROS? DESERCIÓN HACIA EL FINAL DE LAS CARRERAS.

Costucica, Leonardo Adán Douglas

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.
Francisco Beiró 451, Florida, (C.P.1602), Buenos Aires, Argentina.
leocostucica@gmail.com

RESUMEN.

El trabajo indaga las causas del desgranamiento y abandono en la matrícula de estudiantes de ingeniería a lo largo de dos etapas diferenciadas: los primeros y últimos años. Para ello, se analiza la permanencia de los estudiantes en las distintas ramas de estudio, tomando en particular el caso de la UTN y a partir de datos empíricos referidos al período 1999-2008. Por otra parte, basado en información estadística reciente, la primera parte del escrito realiza un ejercicio de contextualización global de la temática, al comparar la tasa de graduación de ingenieros en Argentina con otras ramas de estudio y en relación con otros países. La afinidad entre los hábitos culturales de una clase y las exigencias del sistema de enseñanza es la que determina las posibilidades de éxito en el sistema [Bourdieu y Passeron] [1]. Se corrobora que entre 2004 y 2007, el bajo índice de graduación, es el resultado de la disminución de nuevos ingresantes en el período 1999-2004 y de la baja graduación en el período 2004-2007. Sumado a lo anterior, el trabajo ofrece bibliografía específica y presenta material estadístico y analítico novedoso para analizar la problemática que se plantea. La deserción es un fenómeno con mayor impacto en el 40% de jóvenes con menor ingreso per cápita familiar y vinculado a la necesidad de ingresar al mercado laboral [García de Fanelli] [2]. La ampliación de las oportunidades de acceso al sistema universitario sin tener en cuenta las diferentes necesidades de los grupos excluidos y sus niveles de rezago en capacidad cognitiva y de conocimiento, constituyen para ellos oportunidades desiguales que tienden a elevar las tasas de deserción y repitencia [Aponte-Hernández][3]. Conocer esta realidad podría generar políticas de retención de los estudiantes avanzados para evitar el abandono y aumentar la tasa de graduación

Palabras Claves: Carreras de Ingeniería, Ingreso, Permanencia, Deserción, Tasa de graduación.

1. INTRODUCCION.

Según un informe de la UNESCO [4], en muchos países se está registrando una disminución del número de jóvenes –y sobre todo de mujeres– que estudian ingeniería. La situación fue analizada también en el último encuentro "Ingeniería 2010 Argentina, Congreso Mundial y Exposición", donde salvo en Corea, donde hay un ingeniero cada 625 habitantes y el 25% de los graduados universitarios salen de carreras de Ingeniería, en el resto del mundo los ingenieros son un bien escaso.

Según la opinión de especialistas en la Argentina hay unos 100.000 ingenieros sobre una población de 40 millones de habitantes, ubicando a nuestro país en el puesto 43 en cantidad de habitantes por ingeniero. Brasil y Chile nos superan, e incluso subieron esa tasa paralelamente con el aumento de su PBI [5].

1.1 Objetivos del trabajo

- Contextualizar la situación de Argentina comparando la cantidad de graduados de ingeniería de la misma con las de algunos países emergentes y desarrollados.
- Mostrar que las causas de la falta de ingenieros en Argentina se deben además de la baja cantidad de ingresantes, la conocida deserción inicial y el tiempo real que demandan los estudiantes para realizar las carreras, a la deserción que se produce hacia el final de las mismas.

2. DESARROLLO ANALITICO

Primero se realizará un mapeo teórico a partir de la revisión de bibliografía sobre el tema de la deserción. Luego se analizará la situación de los egresados de ingeniería de Argentina, tomando datos de la Secretaria de Políticas Universitarias [6] y comparándolos con datos de otros países tomados del informe "Global Engineering Excellence Initiative. Continental AG", realizado en Hanover Alemania en el año 2006. Finalmente se tomará el caso particular de la UTN ya que es la universidad pública que mayor cantidad de ingenieros produce, analizando datos del período 1999-2008 del Informe de Autoevaluación generado por la Secretaría Académica y de Planeamiento del Rectorado.

2.1 Mapeo teórico

Para Bourdieu y Passeron [1] la afinidad entre los hábitos culturales de una clase y las exigencias del sistema de enseñanza es la que determina las posibilidades de éxito en el sistema. La deserción es un fenómeno con mayor impacto en el 40% de jóvenes con menor ingreso per cápita familiar y vinculado a la necesidad de ingresar al mercado laboral [Fanelli] [2]. Desde una perspectiva de análisis más abarcativa que integre las nociones de equidad de acceso, participación, aprovechamiento, progreso y culminación de los estudios, una mayor inclusión en la educación superior contribuiría a reducir la desigualdad y a aumentar la cohesión social. Sin embargo, una ampliación de las oportunidades de acceso sin tener en cuenta las diferentes necesidades de los grupos excluidos y sus niveles de rezago en capacidad cognitiva y de conocimiento, constituyen para ellos oportunidades desiguales que tienden a elevar las tasas de deserción y repitencia, limitando las posibilidades de empleo, los niveles de remuneración y la productividad en el mercado ocupacional [Aponte-Hernández, 2008, p. 20] [3]. Con el objetivo de combatir la deserción se desarrollaron varios programas para articular la educación media con la educación superior a través de la creación de ciclos básicos de conocimiento que conforman el primer tramo común de distintas carreras. A fines de 2008 en la Argentina, además, se anunció la creación del Programa de Becas Bicentenario destinado a estudiantes provenientes de hogares de bajos ingresos y que sean aspirantes a carreras universitarias o tecnicaturas científico-técnicas, en las ramas de las Ciencias Naturales, Ciencias Agrarias, Ciencias Aplicadas y Exactas, e Ingenierías. Existe además un Programa de Becas para Carreras de Grado en áreas TICS. Por estas vías se procura elevar la matrícula en carreras consideradas estratégicas para el país, y simultáneamente actuar en términos de equidad social.

El desarrollo de políticas inclusivas supone superar el desafío entre excelencia y masividad. [Renaut][7] hace referencia al dilema que se plantea en las instituciones: si se elimina el elitismo, se

corre el riesgo de perder el ideal de excelencia, pero si se prescinde del componente democrático, la excelencia queda reservada a unos pocos. De esta manera, resulta fundamental que la universidad busque alternativas que permitan superar esta tensión. Desde la perspectiva de Renaut (2008) [7] resulta además prioritario reconocer que aunque la igualdad de resultados constituya un planteamiento utópico e irrealizable, generar condiciones académicas y organizativas para que cada estudiante tenga posibilidades razonables de éxito, constituye sin duda, un avance significativo. Por otra parte, a partir de 1983, con el retorno a la democracia, la modalidad de acceso más extendida en las universidades públicas argentinas, es el ingreso directo, con el sólo requisito de la obtención del diploma de estudios medios. Este sistema, formalmente abierto, supone sin embargo, instancias de selección en el transcurso de las carreras. De hecho, la tasa de abandono durante el primer año se aproxima al 50% [Adriana Chiroleu] [8].
Otro aspecto que se relaciona es el de los ingresos remunerativos de los graduados. La declinación de estos en Europa, EE.UU y Australia, luego de la expansión en la educación superior de los años 60, sembró dudas respecto al valor de la inversión en educación superior. Si los individuos vieran la educación superior como una inversión, su demanda por ella estaría influida por las expectativas de ingresos futuros independientemente de que los atributos sean adquiridos durante el proceso de educación superior o que el diploma sea una garantía de autenticidad de unos atributos que el individuo poseía desde antes.

2.2 Argentina vs. Otros países

A continuación se muestra en la Tabla 1 un cuadro en el que se compara la cantidad de habitantes por cada ingeniero graduado en el año 2004 de Argentina, Brasil y algunos países desarrollados:

Tabla 1 *Tasa de ingenieros de distintos países*

País	Población	Graduados Ingenieros	Cantidad de habitantes por cada ingeniero graduado
Brasil	182060108	47161	3860
China (*)	1307560000	3070000	426
Alemania	82500800	219746	5351
Japón	127685000	635134	1565
EE.UU.	293655404	1987982	3238
Argentina (**)	36260130	7581	4783

(*) Los datos corresponden al año 2005. (**) Datos tomados del INDEC y de la SPU.
Fuentes: Final Report of the Global Engineering Excellence Initiative. Continental AG, Hanover/Germany –
2006-

Se puede observar que en China se graduó un ingeniero cada 426 habitantes liderando la tabla, seguido de Japón. Brasil tiene una tasa similar a la de EE.UU superando a Alemania y la Argentina.

A continuación en la Tabla 2 se muestra el porcentaje de ingenieros en relación a otras carreras para distintos países en el período 2000-2004.

Tabla 2 *Cantidad de ingenieros graduados en relación a otras carreras*

	Año 2000			Año 2004		
	Total de Graduados Universitarios	**Total de Ingenieros Graduados**	**% de Ingenieros**	**Total de Graduados Universitario**	**Total de Ingenieros Graduados**	**% de Ingenieros**
Brasil	324734	29176	9%	626617	47161	7,50%
Alemania	204398	14820	7,20%	219746	15417	7%
Japón	607096	85695	14,1%	633130 (*)	81591(*)	12,9%
Suiza	12320	1522	12,4%	13928	1389	10,0%
EE.UU.	1706114	93173	5,5%	1898876	90691	4,8%
Argentina	62455	5613	9%	81066	6336	7,8%

(*) Cifras del año 2003-

Fuente: Final Report of the Global Engineering Excellence Initiative. Continental AG, Hanover/Germany – 2006-

Se puede observar que en todos los países el porcentaje de ingenieros en relación con otras carreras disminuyó entre los años considerados. Salvo Brasil, Alemania y Argentina en el resto de los países la cantidad de graduados de ingeniería disminuyó también en términos absolutos.
La Argentina muestra porcentajes similares a los de Brasil por debajo de Japón y Suiza pero por arriba de EE.UU y Alemania.
Analizando el caso particular de Argentina, en la Figura 1 se muestra los últimos datos provistos por la Secretaria de Políticas Universitarias de las carreras de ingeniería. Los nuevos inscriptos fueron el 21,6% de los estudiantes y los egresados de ese año fueron el 4,8% del total de estudiantes.

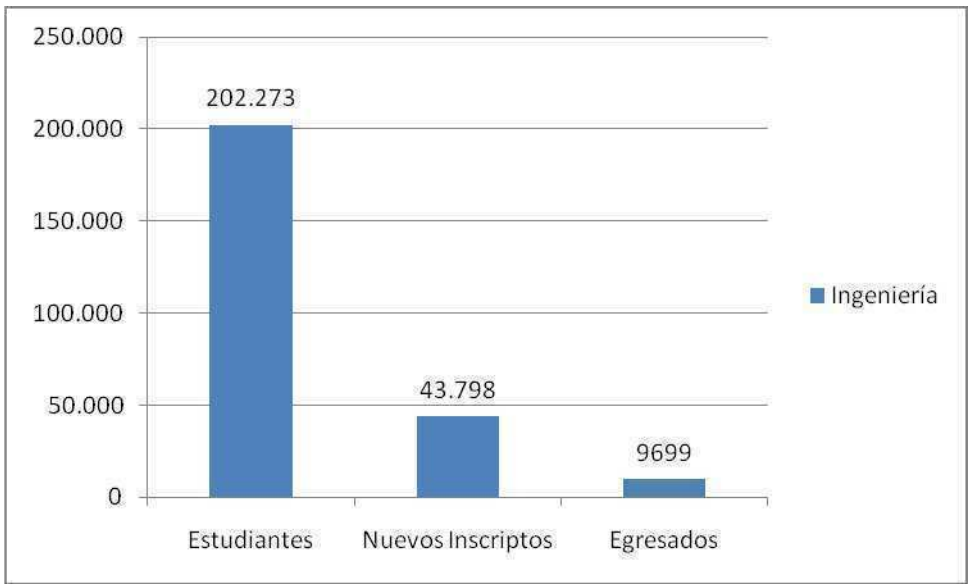


Figura 1 *Carreras de ingeniería en Argentina- Año 2009*

Tomando datos comparativos según ramas de estudio para el año 2009 en la Tabla 3 se muestra que el porcentaje de egresados en Ciencias Sociales, de la Salud y Humanas superan a los de

Ingeniería.

Tabla 3 *Egresados según ramas de estudio*

	Estudiantes	Nuevos Inscriptos	Egresados
Ciencias Aplicadas (Ingenierías[1])	12%	11%	10%
Otras Ciencias Aplicadas	12%	13%	10%
Ciencias Básicas	3%	3%	3%
Ciencias de la Salud	13%	13%	17%
Ciencias Humanas	16%	17%	15%
Ciencias Sociales	43%	41%	43%

Fuente: Departamento de Información Universitaria- SPU. Año 2009

En la Argentina durante el 2009 del total de 387.603 nuevos inscriptos a la universidad, eligieron carreras de ingeniería en sus distintas especialidades 143.798 lo que representa el 11,29 %. Es un porcentaje bajo si se lo compara con las demás ramas de estudios según el cuadro mostrado más arriba.
En la Figura 2 se observa los datos para las carreras de ingeniería según instituciones de gestión pública y privada.

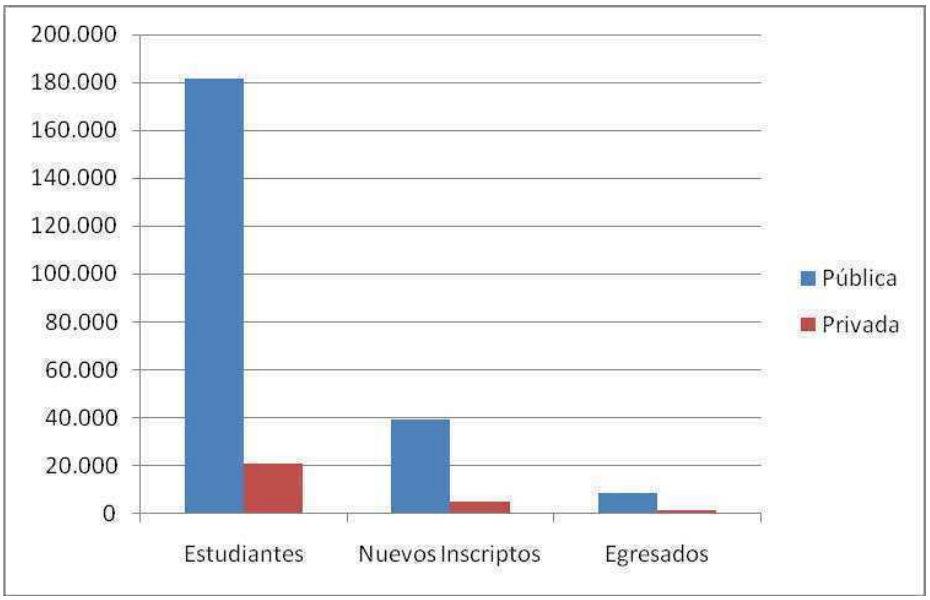


Figura 2 *Carreras de ingeniería según instituciones de gestión pública y privada*

[1] Incluye: Agrimensura, Bioingeniería, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Azucarera, Ingeniería Básica, Ingeniería Civil, Ingeniería de Materiales, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Comunicaciones, Ingeniería en Construcciones, Ingeniería en Telecomunicaciones, Ingeniería en Vías de la Comunicación, Ingeniería Energética, Ingeniería Geodesta Geofísica, Ingeniería Geógrafa, Ingeniería Gerencial, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Laboral, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Metalúrgica, Ingeniería Minera, Ingeniería Naval, Ingeniería Nuclear, Ingeniería Pesquera, Ingeniería Petrolera, Ingeniería Química, Ingeniería Sanitaria, Ingeniería Textil, Ingeniería Vial y Tecnología. Industrias: incluye Ingeniería Industrial y Tecnología de Alimentos.
Informática Ciencias: Computación, Informática y Sistemas (sólo títulos de ingeniería).
Agronomía-Agropecuaria, Agrotecnia-Agroindustrial, Ingeniería Forestal, Agropecuarias: Ingeniería Rural e Ingeniería Zootecnista (sólo títulos de ingeniería).

Del total de estudiantes de ingeniería del 2009, el 90% asistió a universidades públicas y el 10% a privadas. El 89% de los nuevos inscriptos eligió universidades públicas y el 11% privadas. El 88% egresó de universidades públicas y el 12% de universidades privadas. La relación egresados/estudiantes fue del 4,8%. Este porcentaje es bajo si se lo compara con Medicina (8,3%), Abogacía (6,6%), Economía y Administración (6,37%) o Psicología (5,5%). Del sistema público egresó el 4,7% de los estudiantes de ese año y del sistema privado el 5,8%.

2.3 Situación de la UTN en el período 1999-2008

En la Tabla 4 se realiza un análisis comparativo de la UTN con las demás universidades. Se observa la importancia de la UTN en la formación de ingenieros, ya que en la misma estudian y egresan la mayor cantidad aportando un tercio de los alumnos y los graduados de ingeniería del país.

Tabla 4 *Alumnos y egresados de ingeniería*

	Alumnos	%	Egresados	%
UTN	69.632	34%	3.480	36%
Otras Univ. Pública	111.877	52%	5.015	45%
Otras Univ. Privadas	20.764	14%	1.204	12%

Según datos de la SPU, en el período 1999-2009 para la UTN la tasa promedio de crecimiento anual de estudiantes fue de 1,8% cercana al 2,2% promedio de todas las instituciones de gestión estatal. Las tasas promedio de crecimiento de nuevos inscriptos 3,3% y de egresados de 7,9% estuvieron por arriba del 0,3% y 5,8 % respectivamente promedio de todo el sistema estatal. La UTN en ese período mantuvo constante la oferta de 16 carreras de grado. A continuación se muestra en la Figura 3 un cuadro comparativo de los nuevos inscriptos, estudiantes y egresados de esos años:

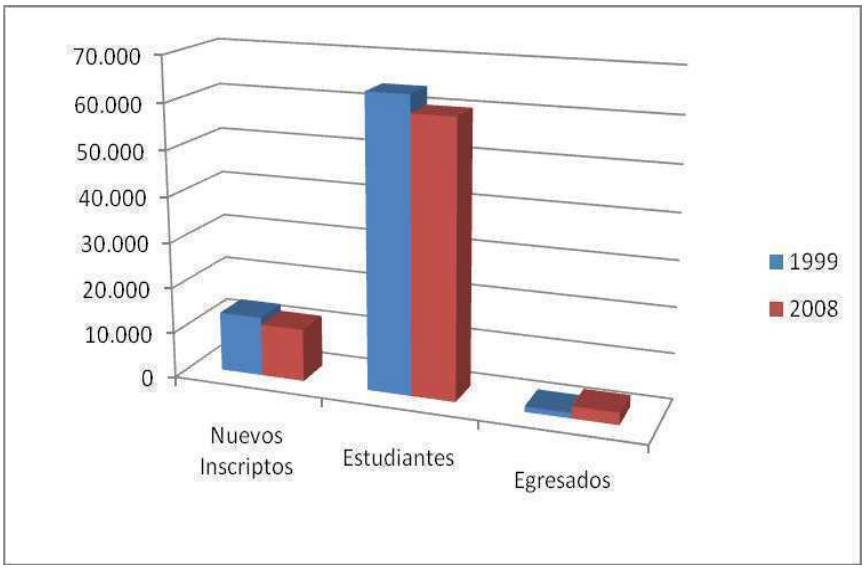


Figura 3 Carreras de ingeniería en la UTN en el período 1999-2008

Fuente: Secretaría Académica y de Planeamiento- Rectorado- Diciembre 2009

Se observa que habiendo disminuido la cantidad de nuevos inscriptos (12%) y la cantidad de estudiantes (6%) en el período considerado, aumentó considerablemente la cantidad de graduados

(80%). En la Tabla 5 se presenta un cuadro con los graduados desagregados por especialidad:

Tabla 5 *Graduados por especialidad*

	1999	2008	Variación
Aeronáutica	23	11	-52%
Civil	14	165	1079%
Eléctrica	83	79	-5%
Electromecánica	36	75	108%
Electrónica	165	220	33%
Industrial	0	281	
Mecánica	137	130	-5%
Metalúrgica	2	1	-50%
Naval	5	3	-40%
Pesquera	0	1	
Química	74	172	132%
Sistemas de Información	474	686	45%
Textil	3	1	-67%
Total	1016	1825	

Analizando el período se observa que la cantidad de graduados de todas las especialidades del año 2008 aumentó en un 80% respecto a 1999. Analizando por especialidad aumentó la cantidad de graduados de Civil , Electromecánica, Química y Sistemas acompañando el aumento de la actividad económica de esos sectores y algunas disminuyeron como Metalúrgica, Naval, Textil y Aeronáutica reflejando la situación de los sectores relacionados. En la Figura 4 se observa la evolución de nuevos inscriptos, estudiantes y egresados en el período considerado:

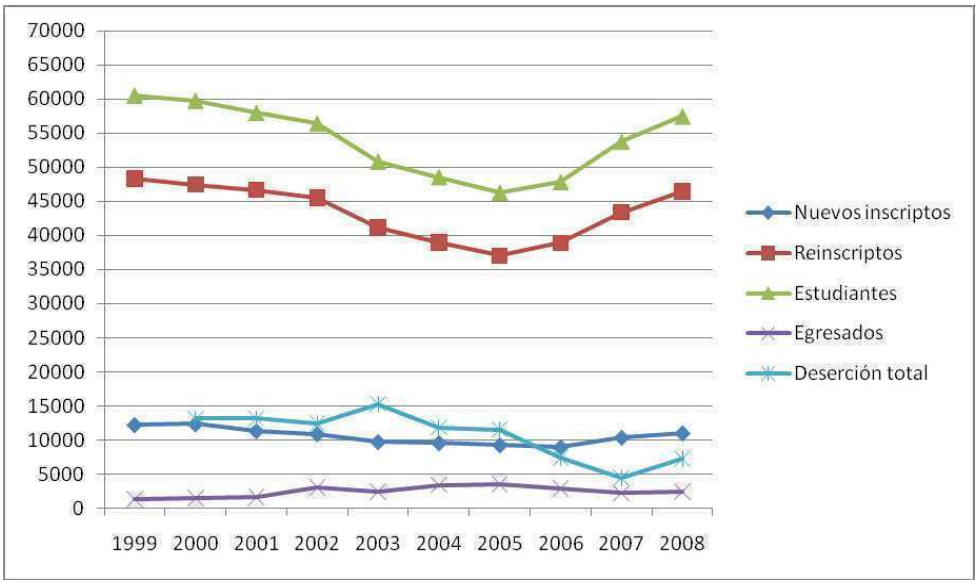


Figura 4 *Evolución carreras de ingeniería de UTN en el período 1999-2008*

Fuente: Secretaría Académica y de Planeamiento- Rectorado
Diciembre 2009

Los nuevos inscriptos y los estudiantes disminuyen año tras año entre el 1999 y el 2006, donde luego empiezan a crecer hasta el 2008 producto quizá de la reactivación económica sin llegar a alcanzar las cantidades del año 1999. La cantidad de reinscriptos disminuyó en promedio un 23% anual en el período 1999-2005 mostrando el abandono que se produce en los distintos niveles de la carrera. La eficiencia en la graduación universitaria es calculada por Guadagni como los egresados del año j en relación a los ingresantes del año j-5.Para la UTN en el período 2004-2008 se observa en la Figura 5:

Figura 5 *Indice de graduación período 2004-2008*

Fuente: Secretaría Académica y de Planeamiento- Rectorado-Diciembre 2009

El índice de graduación disminuyó entre el 2004 y el 2007 del 28% al 20% que es consecuencia de la disminución de nuevos ingresantes en el período 1999-2004 y la disminución de graduados en el período 2004-2007. Luego subió al 25% en el 2008 que coincide con la tasa de todo el sistema universitario.
En la Tabla 6 se muestra la duración mediana de las carreras para los egresados de los años 1999, 2003 y 2008

Tabla 6 *Duración mediana de las carreras*

Especialidad	1999	2003	2008
Civil	7	8	9
Eléctrica	10	11	11
Electromecánica	9	10	9
Electrónica	9	10	10
Industrial	10	7	8
Mecánica	9	9	9
Química	9	9	9
Sistemas	8	8	9

Fuente: Secretaría Académica y de Planeamiento- Rectorado-Diciembre 2009

Si bien los planes de estudio de las carreras se extienden de 5 a 6 años, del cuadro se puede extraer

que en la realidad la duración promedio de las carreras es de 7 a 11 años. Eléctrica, Electromecánica y Electrónica son las especialidades que presentan mayores tiempos de graduación. En algunas especialidades como Civil, Eléctrica, Electrónica y Sistemas se prolongó su duración en el período analizado.

En la Tabla 7 se muestra la tasa de retención en el año de ingreso a la Facultad por carrera para ingresantes 2007. La tasa de abandono promedio en el primer año es de 26%.

Tabla 7 *Tasa de retención*

Carreras	**Nuevos Inscriptos 2007**	**Reinscriptos 2008 que ingresaron en el 2007**	**Tasa de retención**
Aeronáutica	83	61	73,49%
Civil	970	790	81,44%
Eléctrica	451	338	74,94%
Electromecánica	587	435	74,11%
Electrónica	1295	1054	81,39%
Industrial	1049	903	86,08%
Mecánica	1507	1113	73,86%
Metalúrgica	44	33	75,00%
Naval	48	58	120,83%
Pesquera	44	25	56,82%
Química	829	667	80,46%
Textil	25	23	92,00%
Sistemas de Información	3418	2446	71,56%

Fuente: Secretaría Académica y de Planeamiento- Rectorado-Diciembre 2009

En la Figura 6 se observa la cantidad de alumnos reinscriptos con 26 o más materias aprobadas en el período 1996-2007. Se observa que a partir del año 2002 empieza a caer la cantidad de reinscriptos , siendo esta caída de un 76% en el año 2004, un 56% en el 2005, un 12% en el 2006 y un 10% en el 2007. La disminución de la inscripción de alumnos avanzados es entre el período 2004-2007 de un 99,3% y la cantidad de graduados disminuyó en ese período de acuerdo a lo analizado anteriormente, entonces esto evidenciaría la alta deserción producida hacia el final de las carreras.

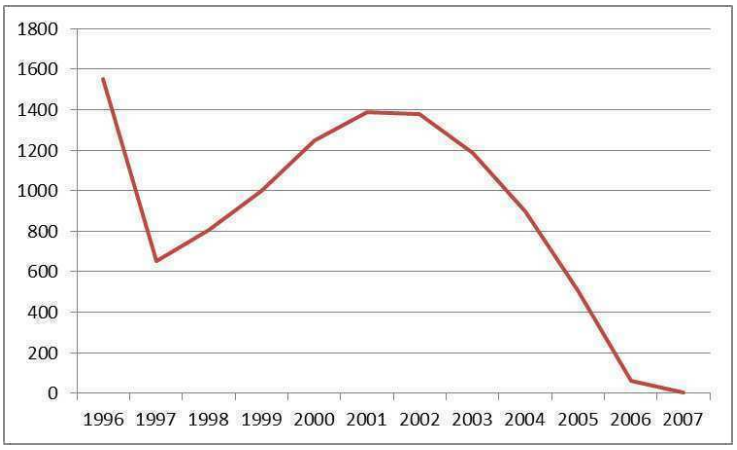
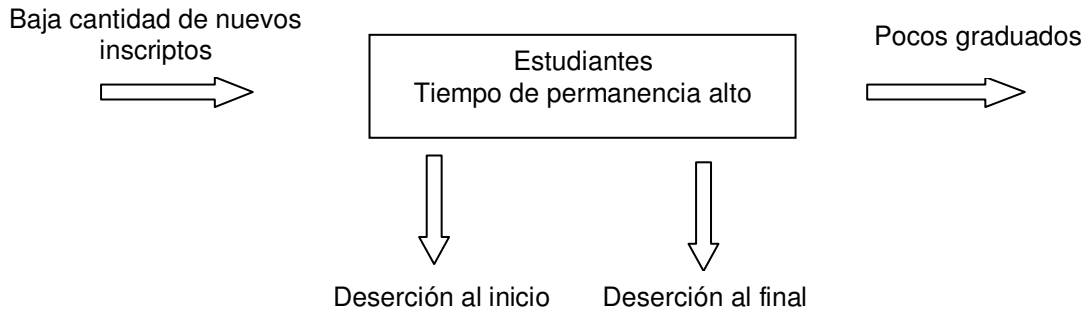


Figura 6 *Reinscriptos con 26 o más materias aprobadas*

La combinación de todos los factores analizados anteriormente en las carreras de ingeniería se podría resumir en el siguiente esquema:



2.4 Presentación de resultados y algunas propuestas de solución:

-Ingresan pocos estudiantes en relación con otras ramas de estudio: durante los noventa se destruyo un organismo como el CONET (Consejo Nacional de Educación Técnica) calificado como inédito en América Latina y el mundo, al mismo tiempo que desaparecieron las escuelas técnicas. En este caso habría que despertar las vocaciones técnicas generando en la escuela media una aproximación a la formación de la ingeniería y al emprendedorismo. El Prof. Luis Casella[2] propone que el sistema de educación técnica trabaje por redes, por regionales o centros tecnológicos como en el caso de Brasil de manera de formar desde un obrero a hasta un ingeniero. Las becas del Bicentenario destinadas a alumnos de bajos recursos con vocaciones científico-técnicas puede ser una buena medida aunque todavía se desconoce su impacto.

- La UTN retiene aprox. en el primer año el 75% de los ingresantes: se estableció un sistema de tutoría a partir del 2004 para acompañar a los alumnos ingresantes desconociéndose aún los resultados del mismo.

- El tiempo de duración real de las carreras es superior al definido en los planes de estudio. En este caso habría que revisar las propuestas curriculares analizando la cantidad de materias y la distribución de las mismas, por ejemplo distribuyendo las Ciencias Básicas a lo largo del plan de estudio o trabajando en los "cuellos de botella" del sistema para brindar asistencia en los mismos.

[2] Ex Rector de la Escuela N° 11, ex vocal del CONET y actual consultor internacional en materia de educación técnica.

- Se produce una deserción hacia el final de las carreras: la universidad debería acercarse a los estudiantes que tienen 26 o más materias aprobadas (aprox el 65 % de la carrera) y no registran actividad en el último año y ver como se los puede ayudar para que se gradúen. El sistema de tutoría podría ser una alternativa si se extiende al ciclo superior.

3. CONCLUSIONES

Producto de que las empresas demandan perfiles tecnológicos tientan a los alumnos a entrar en el mercado laboral. Las exigencias laborales se vuelven incompatibles con la continuidad de los estudios provocando una deserción no solo al comienzo sino hacia el final de las carreras.

La cantidad de ingenieros que se gradúan en la Argentina es baja pero cuando se lo compara con otros países se observa que los ingenieros son un bien escaso en el mundo. Si se quiere aspirar a tener una tasa de graduados ingenieros similar a la de los países desarrollados habrá que generar políticas educativas tendientes a lograr ese objetivo. Algunas de las dificultades encontradas al igual que en el resto del mundo es la menor cantidad de estudiantes con vocación ingenieril en comparación con otras ramas de estudio. Según el director del informe de la UNESCO [4] Tony Marjoram "El menor atractivo de los estudios de ingeniería entre los jóvenes se debe, al parecer, a que éstos los consideran aburridos y difíciles, y también a que los empleos de ingeniero están mal pagos con respecto al grado de responsabilidad que entrañan. Además, se tiene la impresión de que el impacto de las obras de ingeniería en el medio ambiente es negativo, y posiblemente se considere que la ingeniería agrava los problemas ambientales, en vez de solucionarlos".

En la Argentina al sistema de gestión pública asisten la mayor cantidad de estudiantes de ingeniería, siendo la UTN la principal formadora de ingenieros en el país aportando un tercio del total de graduados. Este dato debe ser tenido en cuenta a la hora de formular políticas de retención para mejorar las tasas de graduación. Sin embargo del sistema privado egresaron más ingenieros en relación a la cantidad de estudiantes que del sistema público. Una vez ingresados a la carrera se produce una primera deserción que en el caso de la UTN al final del primer año es de un 25%. Se observa alguna variación en la tasa de retención por especialidad siendo más alta en Industrial, Textil y Naval y menor en Mecánica, Aeronáutica quizá asociado al grado de dificultad de las mismas. Si la media nacional de deserción en el primer año ronda el 50%, este dato pareciera indicar una buena capacidad de retención de los estudiantes ingresantes a la UTN. Luego se produce una deserción hacia el final de las carreras que debe ser tenida en cuenta. Si la facultad se acerca a esos estudiantes que son casi ingenieros, para ayudarlos a través de políticas educativas, podría disminuir la duración real de las carreras y aumentar la tasa de graduación de ingenieros.

El mundo necesita más que nunca las soluciones que aporta la ingeniería para hacer frente a desafíos importantes que van desde la reducción de la pobreza hasta la atenuación del cambio climático Para suscitar un mayor interés y lograr un incremento del número de estudiantes, la ingeniería tiene que innovar y transformarse. El Informe de la UNESCO formula toda una serie de propuestas a este respecto. Es preciso adoptar nuevos enfoques en la enseñanza y la formación, especialmente en lo que se refiere a la instrucción práctica y al aprendizaje que refleje la naturaleza misma de la ingeniería que es resolver problemas.

4. REFERENCIAS.

[1] Bourdieu, Pierre; Passeron, Jean-Claude. (2006). *"La elección de los herederos" en los herederos. Los estudiantes y la cultura*. Buenos Aires. Siglo XXI.

[2] Garcia de Fanelli, Ana M. (2005). "Acceso, abandono y graduación en la educación superior Argentina". *SITEAL, 17 páginas*. IIPE-UNESCO.

[3] Aponte-Hernandez, Eduardo. (2008). "Desigualdad, inclusión y equidad en la Educación Superior en América Latina y el Caribe: tendencias y escenario alternativo en el horizonte 2021". Conferencia Regional de Educación Superior. Cartagena. Colombia.

59), p. 141-166, maio/ago. 2009.

[4] UNESCO, Informe "La escasez de ingenieros supone un peligro para el desarrollo, según el Primer informe mundial de la UNESCO sobre la ingeniería".

[5] http://www.lanacion.com.ar/1293995-la-argentina-con-deficit-de-ingenieros

[6] Anuarios 2000 al 2009 de Estadística Universitarias – Secretaria de Política Universitarias – Ministerio de Educación de la Nación.

[7] Renaut, Alain (2008)."La Universidad frente a los desafíos de la democracia". Seminario "Universidad y Democracia, 27 y 28 de junio de 2008, Buenos Aires. Observatorio de Educación Superior de la Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires.

[8] Chiroleu, Adriana (2009)."Políticas públicas de inclusión en la educación superior. Los casos de Argentina y Brasil. Pro-Posições, Campinas, v. 20, n. 2.

Agradecimientos

El autor de este trabajo agradece la guía y el estímulo de la Prof. Laura Rovelli del seminario "La Universidad en el Contexto Político, Social y Económico" de la Maestría en Docencia Universitaria de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

REINSERCIÓN ACADÉMICA DE ESTUDIANTES Y TERMINALIDAD EXITOSA DE CARRERA

Ing. Prof. Horacio Muros, Ing. Patricia Sandra Cuello,
Ing. Miguel Ángel Fortunato, Ing. Daniel Roca Solé

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael.
Av. Gral. Urquiza 314 C.P. (5600) San Rafael Mendoza.
E-mail horaciomuros@yahoo.com.ar

RESUMEN

Muchos alumnos que han terminado de cursar las carreras de ingeniería, por distintas razones experimentan un estadio de letargo o paralización académica que les impide avanzar y concretar sus carreras, llegando en la mayoría de los casos a un estado crónico de abandono y deserción. Esta problemática puede ser superada, ya que estos alumnos tienen un avanzado recorrido académico y tan solo les faltan unas pocas materias para poder recibirse.

Por medio de un programa de "Tutorías de Reinserción Académica" se buscó facilitar procesos de reinserción a fin de acompañar y favorecer nuevos aprendizajes; de esta manera se pudo recuperar a muchos alumnos que pudieron vencer la inercia de su situación a partir de otras alternativas de estudio para las materias que adeudaban y poder recibirse.

Los nuevos procesos de mediación pedagógica se realizaron a partir de distintos tutores academicos que favorecieron la comprensión de situaciones personales ayudando al desarrollo de capacidades y competencias ingenieriles, con una actitud proactiva de búsqueda, de indagación, de consulta, análisis, reflexión, crítica a partir de las nuevas metodológicas propuestas.

El objetivo fue recrear vínculos pedagógicos, buscar el acompañamiento y la estimulación de los alumnos a partir distintas adaptaciones o adecuaciones curriculares; la propuesta no fue recortar los contenidos prescriptos por el curriculum y de los estándares de la calidad educativa en las carreras de ingeniería, sino avanzar en el territorio del "como" y el "cuando" enseñar, y conjuntamente también se trabajo en el "como" y "cuando" evaluar. Fruto del trabajo tutorial que duro 28 meses, se lograron recibir 21 nuevos ingenieros de 25 alumnos inscriptos en el programa.

Palabras Claves: Tutorías, Adaptaciones Curriculares, Mediación Pedagógica

1. INTRODUCCIÓN

La Facultad Regional San Rafael -FRSR- de la Universidad Tecnológica Nacional formuló e implementó a partir de 1995 el Programa del Mejoramiento de la Eficiencia y Calidad Educativa, que diera lugar a dos acciones significativas y complementarias entre sí; por un lado la modificación de las metodologías de evaluación, en términos de su flexibilización orientada a incrementar la eficiencia del proceso enseñanza – aprendizaje, con una focalización en aquellos estudiantes que habiendo cursado y aprobado una parte importante de la carrera se encontraban en un estado de letargo académico y por otro la generación de un programa alternativo de formación para la graduación dirigido a estudiantes que habiendo terminado de cursar la totalidad de las asignaturas de un plan de estudio, había disminuido notablemente su rendimiento académico.

Dicho programa adhería a los conceptos explicitados en la Declaración sobre Educación para Todos de la UNESCO (Jomtiem, Tailandia, 1990), la cual define a la calidad en la educación en los siguientes términos: "La calidad de la educación se hace realidad en los aprendizajes cualitativamente relevantes. La calidad no está en lo que se enseña sino en lo que se aprende, por lo que en la práctica dicha calidad está cada vez más centrada en el propio sujeto educativo"; esto implica en los hechos la planificación e implementación de diversas estrategias y metodologías que faciliten el aprendizaje y las instancias de promoción y acreditación de los mismos.

Por otro lado el Ministerio de Educación de la Nación, indica en su Resolución Nº 1232/01 – MECT – Anexo IV donde establece en los estándares de acreditación al abordar la problemática de la calidad educativa las siguientes definiciones generales: en cuanto al contexto institucional " la carrera debe contar con un plan de desarrollo explícito, que incluya metas a corto, mediano y largo plazo atendiendo tanto al mantenimiento como al mejoramiento de la calidad." y respecto a los planes de estudios "La evaluación de los alumnos debe ser congruente con los objetivos y metodologías de enseñanza previamente establecidos. Las evaluaciones deben contemplar de manera integrada la adquisición de conocimientos, la formación de actitudes, el desarrollo de la capacidad de análisis, habilidades para encontrar la información y resolver problemas reales. (…) Debe anticiparse a los alumnos el método de evaluación y asegurarse el acceso a los resultados de sus evaluaciones como complemento de la enseñanza." Tales conceptos de carácter conceptual e instrumental se promovieron dentro de un marco institucional del aprendizaje basado en Gestión Total de Calidad, es decir: el empeño de los recursos institucionales existentes para que cada individuo busque la excelencia en el trabajo mancomunado de docentes y alumnos, basado en la filosofía de la mejora continua.

2.ANTECEDENTES

La idea de recuperar alumnos crónicos estuvo presente como una demanda institucional desde hace muchos años y si bien no faltaron iniciativas, todas quedaron en el plano de las hipótesis y buenas intenciones. Por Ordenanza Nº 1029/04 del CSU de la UTN se implementa el Diseño curricular de Ingeniería Electromecánica que dio sustento académico a la propuesta de trabajo; en él se propone " incrementar la eficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje, para lo cual se recurre a: nuevos métodos docentes que garantizan una mayor participación del alumno mediante el proceso de enseñanza – aprendizaje, así como la asimilación efectiva de los contenidos en el devenir del cursado de la asignatura y nuevos métodos de evaluación y promoción, acordes con las técnicas de enseñanza renovadas, que propenden a lograr el acceso inmediato a los pasos siguientes de la carrera."

Teniendo estas instancias como antecedentes, se desarrolló el programa el "Programa de Tutorías de Reinserción Académicas", para la carrera de Ingeniería Electromecánica, el 24/09/2008, con una duración estimada de dos años, y aprobado por Resolución N° 064/2008- CD de la Facultad Regional San Rafael. Su objetivo era recuperar estudiantes que habían terminado de cursar sus carreras y que por distintas razones abandonaron sus estudios, o bien padecían un estado de letargo académico que les impedía avanzar y concretar sus carreras con éxito. Esta situación se planteó como una problemática que debía ser superada ya que los alumnos en esas condiciones, por su elevado grado de avance académico, constituyen un potencial latente y muy valioso que podía y debía ser recuperado.

3. OBJETIVOS

3.1 Ojetivos Generales

- Promover y acompañar a los alumnos garantizando nuevos procesos de mediación pedagógica.
- Flexibilizar la propuesta curricular a partir de las posibilidades que da el Diseño Curricular.
- Crear alternativas para evaluar conocimientos por Áreas y contenidos, habilidades, aptitudes y/o destrezas que el estudiante ha adquirido en experiencias educativas y/o laborales fuera del ámbito de la Facultad.
- Asumir la responsabilidad de pensar en la formación integral y actualizada de los estudiantes, y futuros graduados.
- Afianzar en la Facultad Regional San Rafael de la UTN, una "Sociedad Responsable del Aprendizaje"; la cual está fundada en el esfuerzo de cada individuo hacia la excelencia y una exitosa inserción en la realidad profesional y social.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar el acompañamiento supervisado o tutoría tiene por finalidad incentivar a los alumnos para que vuelvan a acercarse a la Facultad, y dentro de ella puedan evolucionar e ir resolviendo favorablemente su situación académica y lograr el aprendizaje efectivo y autónomo.
- Efectuar el control académico correspondiente y el seguimiento de los alumnos para integrarlos nuevamente al sistema, para hacerlos sentir "parte de ...", no que han quedado fuera del sistema.
- Potenciar la vinculación con otros alumnos en sus mismas condiciones, o parecidas, lo cual les permitiría constituir equipos de trabajo y estudio, lo cual podría facilitarles el acceso al conocimiento y los contenidos respectivos.

4. MARCO TEÓRICO DEL PROGRAMA

El curriculum puede presentarse como un documento prescriptivo y limitador, o bien como un potente instrumento que favorezca los procesos de enseñanza y posibilite su transformación; este sentido procesual, no determinativo, es el que se sostuvo durante el desarrollo del Programa de Tutorías; no se pensó en un documento frío sino en algo vivo, un proceso de características abierto, flexible y participativo que racionaliza y compromete todas prácticas educativas " una tentativa para comunicar los principio y rasgos esenciales de un propósito educativo, de forma tal que permanezca abierto a discusión crítica y pueda ser trasladado efectivamente a la práctica" (1) En términos matemáticos ingenieriles se interpretó al curriculum no como una función potencial donde sólo importa el estado inicial y final, sin preocuparse que pasó entre ambos, sino más bien como una función de línea donde los resultados dependen en cada instante de la trayectoria.

La propuesta no consideró al curriculum como algo estático y definitivo, sino una herramienta poderosa que facilite un proceso continuo que orienta y dinamiza las prácticas educativas, buscando alternativas y propuestas de mejora en la enseñanza, y sobre todo centrando los procesos en el aprendizaje, confiando en aquello de que "los alumnos aprenden cuando tienen una oportunidad razonable y motivos para hacerlo" (2). En este sentido se recurrió a la figura del tutor como "la persona referente en el marco del apoyo educativo y de la orientación (…) acompañar a los procesos del aprendizaje, informar, detectar los problemas, buscar soluciones, asesorar, promover la motivación y el protagonismo. El tutor debe tener cierto grado de madurez, flexibilidad y equilibrio emocional." (3) en este sentido se buscó que los docentes facilitaran los procesos de mediación pedagógica, promoviendo y acompañando en los alumnos los nuevos aprendizajes; desde esta cercanía consciente se abrieron entonces nuevas formas de vínculos que facilitaron con éxito los procesos de enseñanza y aprendizaje. El docente tutor fue la figura que tuvo como objetivo primordial recuperar los vínculos pedagógicos.

La relación personal entre los docentes tutores y los alumnos ayudó a promocionar el logro de los aprendizajes; la cercanía favoreció los procesos educativos desde la comprensión de los mismos y desde la ayuda para a resolver distintos inconvenientes que no pasaban solamente por el plano de lo académico, ya que los nuevos alumnos tenían características muy particulares y necesitaban un marco de contención afectiva muy importante.

La idea de las tutorías se fundamenta en la capacidad de aprendizaje efectivo y autónomo de los alumnos y no tanto en el poder que tienen el desarrollo de clases teóricas; la propuesta de

acompañamiento estuvo centrada en el aprendizaje, animando y motivando a los estudiantes a que aprendieran, creando condiciones de manera tal que los alumnos tomen un rol activo y participativo "uno de los hallazgos más consistentes en relación con el aprendizaje es que se trata de un proceso de construcción individual y social, que el estudiante debe regular y del que tiene que responsabilizarse. (…) La única forma de conseguir de los estudiantes un aprendizaje de calidad es enfrontándoles situaciones en las que tienen que utilizar estrategias de búsqueda de información, aplicar nuevos conocimientos para solucionar problemas realistas, tomar decisiones y trabajar en forma autónoma, reflexiva y crítica" (4), para ello es necesario concebir "la enseñanza como creación de buenos entornos para el aprendizaje"(5) (6).
La propuesta se concretó a partir de distintas "Adaptaciones Curriculares"o"Adecuaciones Curriculares" que se centraron en lo procedimental del acto educativo y su potencialidad para producir nuevos aprendizajes; la idea fue no recortar los contenidos de la enseñanza: el "qué enseñar", sino avanzar en el territorio del "cómo" y el "cuándo" enseñar. También se progresó conjuntamente en el "cómo " y "cuándo" evaluar y no en el "qué evaluar"; en este sentido se avanzó desde una perspectiva como "un proceso de diálogo, comprensión y mejora" (7) y no solamente un frio resultado y calificación; la centralidad del aprendizaje en el hecho educativo necesitó también de nuevos formatos y propuestas de evaluación que garantizaran las intencionalidades pedagógicas.
Las adaptaciones o adecuaciones curriculares se centraron entonces no en los contenidos de la enseñanza, sino en su metodología, en las prácticas educativas y en el tipo de actividades que realizaron los alumnos; como también en los instrumentos y técnicas propuestas de evaluación contemplando la situación contextual tan especial de los alumnos y sus particularidades.
La propuesta de mediación pedagógica de los tutores favoreció los procesos de comprensión, ayudando a la teorización y al desarrollo de distintas capacidades relacionadas con lo procedimental desde una actitud positiva de búsqueda, de indagación, de consulta, análisis y crítica que redundo en nuevos aprendizajes.
Por medio de distintos procesos de la "mediación pedagógica"se buscó que los alumnos reforzaran su autoestima y retomaran la confianza en sus estudios; pudieran agruparse con compañeros en similares condiciones y recrear de esta manera la relación con el ámbito universitario; a su vez actualizar los contenidos y la bibliografía, adquiriendo el ritmo de estudio que se requiere en las carrera de ingeniería, sobre todo en la complejidad de sus últimas materias que son caracterizadas por una elevada cantidad de información formativa; por otro lado se promovió el uso de las NTICs a fin de favorecer desde su potencialidad, las posibilidades de aprendizaje; la propuesta en última instancia fue ofrecer nuevas herramientas y nuevos entornos de aprendizaje a fin de lograr distintas prácticas de enseñanza y aprendizaje exitosas

5. DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL PROGRAMA

El Programa de Tutorías para la Reinserción de estudiantes, inicia su marcha a fin de poder acompañar en una forma ordenada a los alumnos que habían terminado de cursar y regularizar todas las materias de sus respectivos Planes de Estudio.
Un grupo de estudiantes que se encontraba en esas las condiciones, pero que no se resignaban a considerarse "ex alumnos", manifestó a las autoridades de la Facultad Regional su voluntad de concluir la carrera, solicitando para ello el apoyo de la Facultad Regional y éstas le pideron entonces al Director de Departamento de Ing. Electromecánica, Ing. Daniel Roca Solé, el análisis de la situación y una metodología posible a implementar con el fin de sacar a estos alumnos "de la quietud" y ponerlos de alguna manera en movimiento académico es decir: " retomar los estudios".
A su vez con el Consejo Departamental de Ingeniería Electromecánica, hacía un tiempo que cambiaba ideas con los alumnos y también sabía de sus deseos; entonces tomó a su cargo la responsabilidad y se pensó en un programa de posibles tutorías. Se realizó una convocatoria abierta por los medios de comunicación y también en forma personal, identificando a todas esas personas que por circunstancias de la vida estaban distanciados de la institución, pero que tenían la intención de hacer un esfuerzo por reinsertarse.
En una primera reunión con los alumnos se les pidió que investigaran sobre su situación académica y que tramitaran sus respectivos certificados analíticos. Con todos esos datos se fijaron las pautas directrices del Programa: materias que lo integrarían, su duración, cuántas asignaturas, qué planes de estudio incluiría, si tendría algún costo y todo lo referente a la implementación del programa.

Es importante acotar que en este primer encuentro, se les planteó a los estudiantes el programa desde una perspectiva de exigencia personal y que deberían hacer un esfuerzo ya que "la facultad no les iba a regalar nada" y que en términos económicos también "tendrían que hacer un aporte al proyecto", porque el Estado ya había cumplido esta función. Contrariamente a lo que se supondría, esas dos premisas influyeron favorablemente y con fuerza en quienes después culminaron sus estudios.
Dispuestos ya a comenzar, se puso en conocimiento de los participantes del programa, que el objetivo fundamental del mismo era el acompañamiento para el estudio de las materias, sin detrimento de los estándares de la calidad educativa que distingue a la carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTN de San Rafael. Es decir, el programa reorganizaba, adecuaba y gestionaba el curriculum a fin de garantizar distintos procesos de mediación pedagógica a partir de la figura de un tutor docente, y de esta forma se acompañaría y promovería nuevos aprendizajes; después el participante podría continuar con el resto de las materias del programa o como alumno normal en caso de no haberse recibido en el transcurso de las tutorías; de hecho muchos de los alumnos sacaron varias materias fuera del programa y este sirvió para sacarlos de su letargo.
La propuesta del programa de tutorías tuvo como meta recupear la mayor cantidad posible de estudiantes que habían terminado de cursar sus carreras y que por distintas razones abandonaron sus estudios o bien padecían un estado de letargo académico, por medio de la participación de tutores docentes, que acamparían los nuevos procesos del aprendizaje, facilitando información, bibliografía, detectando problemas, buscando soluciones, asesorando y promoviendo en todo momento la motivación y el protagonismo.

6. CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA

6.1- Cantidad de materias: Se implementaron 9 (nueve) materias, por tratarse de aquellas que adeudan más estudiantes.
6.2- Cronograma de materias y agrupación por áreas:

AREA	MATERIAS	MESES
Calor y Fluidos	Máquinas Térmicas	4,5 meses
	Instalaciones Térmicas, Mecánicas y Frigoríficas	
Electricidad y Electrónica	Redes de Distribución. e Instalaciones Eléctricas	Sub. área Electricidad 4,5 meses
	Centrales y Líneas de Transmisión	
	Automatización y Control Industrial	Sub. área Electrónica 3 meses
	Automatismos	
Mecánica	Tecnología Mecánica	7 meses
	Elementos de Máquinas	
	Máquinas de Elevación y Transporte	3 meses

6.3 -A quienes el aprobado de estas materias (o parte de ellas) no les permita graduarse, es decir completar su Plan de Estudios, tendrán que rendir las que les falten en forma regular, fuera del Programa de Tutorías.
6.4 -Se exigió una asistencia del 80% a las clases de consulta que se pactaron con los profesores Tutores.
6.5 -Los profesores no dictarían clases, sino que harían un seguimiento periódico de los avances individuales de los estudiantes, aclarando las dudas que se presentasen. Para ello se estableció un horario semanal o quincenal a convenir, el cual se fijó en función de las necesidades manifiestas de los estudiantes.
6.6 -Las asignaturas que se aprobaran dentro de este Programa desde la gestión académica, se asentaron en las Actas de aprobación de materias de acuerdo a los mecanismos institucionales vigentes y al Reglamento de Estudios Ordenanza Nº 980 – CS.
6.7- Los alumnos que se encontraban trabajando fuera de la Facultad en temáticas incluidas en alguna de las asignaturas que adeudaban, podrían solicitar la acreditación de dichos contenidos. El

Consejo de Departamento de Ingeniería, a propuesta del Profesor "Tutor", sería quien determinara cuales eran las unidades que se considerarían total o parcialmente aprobadas; él profesor sería quien proponga el método de ponderación y su calificación. El aprobado por "sistema de créditos" sólo podría cubrir hasta el 70% de cada asignatura, quedando el 30% restante para una evaluación global que el profesor consideraría, o para completar algunos contenidos necesarios.
6.8 -Los alumnos que pudieron participar fueron los pertenecientes a los planes de estudio 1988 y 1995 o aquellos que tuvieran las materias en situación de regularidad y hacía mucho tiempo que no rendían exámenes finales.
6.9 - Desde la UTN FRSR, el Consejo Directivo dispuso el total apoyo a la acción con recursos físicos como: aulas, proyectores, bibliotecas, hard y software, y otros recursos, también se facilitó la gestión administrativa, como el trabajo con las correlatividades, a fin de lograr la agrupación cátedras por áreas, de manera de sólo concentrar a los tutores docentes en el desarrollo de las prácticas educativas y la conformación de los grupos.
6.10 - Los sueldos de los docentes el programa fue cofinanciado entre la Regional con su Fundación Universidad Empresa y los alumnos, en partes iguales.
6.11 - Los docentes tutores surgieron de las mismas cátedras involucradas, por invitación y por propia decisión esto significó un aporte invalorable para el Programa, muchos de ellos fueron los mismos docentes de las materias, pero ésto no se dio en todos los casos y en algunas materias se recurrió a Jefes de trabajos prácticos, esto agilizó mucho el inicio, el desarrollo de las tutorías y la relación alumno/docente.
6.12 - En cuanto a las metodologías de trabajo se dejó plena libertad a los tutores para que desarrollaran sus propuestas y éstas se orientaron según el diagnóstico que cada uno hizo del grupo de alumnos, ya que en cada espacio curicular o materia diferían el número de alumnos y a su vez los participantes tenían distintas materias adeudadas. Las prácticas educativas más frecuentes fueron las de ofrecer presentaciones, preguntas guías sobre los contenidos prioritarios de las materias, la resolución de situaciones problemáticas y la confección de distintos proyectos; en cuanto a las estrategias de evaluación se destacaron aquellas que integraban contenidos, ya sea en forma escrita o coloquial, resaltándose aquellas que tenían que ver con la resolución de situaciones problemáticas, aplicando los conceptos teóricos y la presentación de proyectos con su defensa coloquial.

7. RELATO DE UNA EXPERIENCIA

"La materia de la que fui tutor fue "Máquinas de Elevación y Transporte" correspondiente al último curso de formación académica, conformando el bloque de materias del área mecánica, de la que me desempeño como profesor titular.
En virtud de la experiencia recabada por muchos años durante el dictado de la asignatura, sabemos que el principal problema es la firmeza y consolidación de los conocimientos en una materia correlativa: "Elementos de Máquinas". Suponíamos que en estos alumnos, la situación se iba a ver agravada, pues enfrentábamos tres casos: los que tenían esta materia aprobada, los que la tenían cursada, pero no rendida y los que no la tenían ni cursada ni rendida.
Nos pareció necesario afianzar los conocimientos en todos los casos. Se decidió entonces que el apoyo empezara por una recuperación de conocimientos previos de "Elementos de Máquinas"; tanto para aquellos que debían rendirla teniéndola ya cursada, como para aquellos que no la habían cursado, se recomendó que asistieran a esas clases de apoyo que se dieron en conjunto con el profesor de "Elementos de Máquinas" reforzando algunos conceptos y procedimientos que creímos necesarios.
Luego de terminada esta última materia comenzamos con nuestra tutoría, apoyando a siete alumnos.
La asignatura consta del desarrollo de ocho máquinas, de las cuales cuatro se analizan completas (Cintas transportadoras, Roscas de transporte, Elevador a Cangilones y Puente Grúa); para las otras cuatro se da el desarrollo teórico y proyectos resueltos para que el alumno estudie (Transporte neumático, Zarandas, Canal oscilante y Cadenas de transporte).
La primera máquina desarrollada fue Cintas Transportadoras. Esta máquina se da completa, tanto los elementos constitutivos particulares como la estructura. Se pidió a los alumnos que conformaran dos grupos para desarrollar el proyecto. Se hizo un apoyo de la teoría y se entregó el material de consulta, que son apuntes con el desarrollo completo del proyecto.

Los dos grupos encararon el desarrollo de ambos trabajos, con datos distintos y estratégicamente elegidos para que surgieran conflictos en la resolución. Luego se dedicaron tres clases a la ayuda para encarar los proyectos. Aquí cabe destacar que se avanzó muy rápido, merced al ímpetu puesto de manifiesto por los alumnos. De aquí en más se siguieron desarrollando las máquinas siguientes, pero dedicábamos media hora por clase a las consultas de los prácticos en desarrollo. Se fijó fecha de entrega del práctico de Cintas Transportadoras. Idéntica metodología se siguió con las siguientes máquinas. Los prácticos se fueron resolviendo y entregando en fecha. Se corrigieron y se devolvieron para rever las situaciones con problemas. Me sorprendió el grado de desarrollo y la cantidad de bibliografía consultada por ambos grupos.
Una vez entregados todos los prácticos y corregidos, se acordó rendir un examen escrito con diez preguntas valoradas en función de sus contenidos, y abarcando cuatro máquinas por examen. En un examen: Cinta Transportadora, Elevador a cangilones, Transporte neumático y Transportadores de cadenas. En el otro: Rosca transportadora, Puente grúa, Canal oscilante y Zaranda. Para poder acceder al examen era necesario tener los cuatro proyectos principales aprobados. Se dieron cuatro clases con el desarrollo de treinta preguntas probables del final. De los siete alumnos uno no aprobó este medio examen final. Se acordó dar una evaluación recuperadora. Se tomó el segundo medio examen final. De los siete alumnos uno no lo aprobó y se acordó dar otro recuperatorio, el que sí fue aprobado.
Con la apoyatura de Elementos de Máquinas creemos que se gano muchísimo tiempo. También cabe destacar que el interés y dedicación de estos alumnos puso de manifiesto un sustancial acortamiento de tiempos y una calidad de aprendizaje que no hubiera imaginado al empezar. “Como tutor y profesor de la materia sentí una gran satisfacción no sólo por el logro de los alumnos sino también en cuanto la calidad humana del grupo y los vínculos que se establecieron.”

8. RESULTADOS DEL PROGRAMA

- El inicio del programa fue en septiembre de 2008 y se prolongó por algo más de 30 meses. Fue destinado a alumnos con todas las materias regularizadas y con un avance de carrera superior al 60 %, y que además estaban alejados de las actividades regulares de la carrera y paralizados en el avance general académico.
- La cantidad de alumnos inscriptos fue de 25 (veinticinco), con 2(dos) abandonos por razones personales.
- La edad promedio de los alumnos fue entonces de 39,6 años.
- De un total de 147 materias adeudadas por todos los alumnos, 65 se aprobaron fuera de las tutorías y 62 dentro de las tutorías. Es decir se logró ampliamente el objetivo de reinsertarlos y que retomaran la iniciativa de seguir adelante en sus estudios.
- Hasta el mes de abril del 2012 se logró el egreso de 22 nuevos ingenieros electromecánicos, los cuales, en su mayoría, no habrían concluido la carrera, ya que desde hacía varios años no participaban activamente en lo académico.
- Encuestados los alumnos si hubieran terminado sus estudios fuera del programa de tutorías el 52% aseguro que no lo hubiera hecho NUNCA, el 35 % QUIZÁS y el 13 % cree que se hubiera recibido alguna vez.
- En cuanto al grado de satisfacción del desarrollo de las tutorías y su propuesta fue muy elevado; se realizó una encuesta entre los alumnos, donde manifestaron sobre un indicador de 5 puntos (como óptimo): un 4,62 para el desarrollo, 4,6 sobre el material de estudio, 4,63 sobre la forma de evaluación y 4,8 sobre la responsabilidad docente, todos como valores promedios.

9. CONCLUSIONES

El programa de tutorías permitió la recuperación de autoestima como un elemento fundamental de todo proceso de aprendizaje; también lo fue el acercamiento de los alumnos al ambiente universitario, el trato con pares en idéntica situación; este clima de solidaridad compañerismo y comprensión ayudó de manera significativa al desarrollo de la propuesta.
El sistema de difusión que fue más eficaz del programa fue el contacto personal, el boca a boca.
El problema principal que tenían los alumnos era romper la inercia y poder salir del estado de letargo, paralización o bloqueo de lo académico; todos lograron superarlo.

Deben distinguirse tres grupos de alumnos: Los que necesitaban volver a la universidad y encontrar un ambiente acorde, los que necesitaban un apoyo académico un tanto particular y los que necesitaban algún compañero para "tirar en yunta". La recuperación de vínculos pedagógicos, institucionales y humanos fue un condicionante muy positivo y muy valorado del programa.
Se aprobaron más materias por fuera de las tutorías, que las implementadas en el programa, constatando que el mismo dio impulso y estímulo muy positivo a la reinserción, cumpliendo con uno de los objetivos generales del programa.
En muchos casos, los alumnos experimentaron la incidencia directa en la interrelación familiar como un apoyo muy importante, ya que debieron postergar tiempos de convivencia y descanso para dedicarlos al estudio, en especial los fines de semana.
En cuanto a las materias en general, la opinión de los alumnos es que ninguna les resultó difícil, pero que su desarrollo estuvo condicionada a los "conocimientos previos" y la empatía con las distintas asignaturas. El plantel de docentes involucrados tuvo un compromiso muy fuerte con el programa desde el un comienzo y tenían muy claro que su función era brindar el mejor acompañamiento posible, garantizando en todo tiempo, los procesos de mediación pedagógica para que los alumnos aprendieran. Las pretensiones de los docentes en cuanto a los requerimientos académicos para la aprobación de las diferentes materias, fueron las mismas que las previstas en un cursado normal, en todos los casos se respetaron los mismos estándares, aunque muchas veces las exigencias personales de los alumnos, superaron las expectativas docentes, todo esto se reflejó en los resultados finales y en las buenas calificaciones que se obtuvieron.
A modo de cierre nos valdremos de las sentidas palabras de uno de los egresados sobre el programa: "Nos permitió finalizar una etapa de nuestras vidas y a pensar en otras nuevas".

10. REFERENCIAS.

[1] Stenhouse, Lawrence. (1998).Investigación y Desarrollo del Currículum. Ed. Morata, Madrid, España

[2] Prieto Castillo, Daniel. (2005). La enseñanza en la Universidad. Ed. UNCUYO, Mendoza. Argentina

[3] Müller, Marina. (1998).Docentes tutores. Orientación educativa y tutoría. Ed. Bonum, Buenos Aires, Argentina.

[4] Mario de Miguel Díaz (coord.). (2009). Metodología de la enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Ed. Alianza Madrid, España.

[5] Finkel, Don. (2008).Dar clase con la boca cerrada. Ed. Publicacions de la Universitat de València, Valencia España.

[6] Bain, Ken. (2004). Lo que hacen los mejores profesores universitarios. Ed. Publicacions de la Universitat de València, Valencia España.

[7] Santos Guerra Miguel Ángel. (1998). Evaluar es Comprender. Ed. Magisterio. Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos
Lo que legitima al docente es el aprendizaje de sus alumnos, en nuestro caso queremos agradecer a todos los que participaron de estas tutorías, porque su actitud y responsabilidad fue la clave de bóveda que sostuvo todo el edifico pedagógico; de ellos también aprendimos muchas cosas, pero por sobre todo, que es posible correr la realidad más allá de lo imposible.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS PARA LA FORMACIÓN DEL INGENIERO MECÁNICO: ¿CÓMO SE CONSTRUYEN A PARTIR DE LA PPS?

Ramallo, Milena[1], Di Paola, Alicia[1], Zummer, Marisa[1], Said Schicchi, Diego[1], Abril, Gerardo[1], Ferré, Néstor[1], de Cabo, Juan Carlos[1], Plaun, Leonardo[1], Becerra, Rosa María[1]

[1] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,
Medrano 951 – 3° Piso – Of. 303 – C1179AAQ – Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina
e-mail:milenaramallo@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo se enmarca en la investigación llevada a cabo en el Departamento de Ingeniería Mecánica sobre las competencias específicas para la formación del ingeniero mecánico. Del análisis teórico y de la revisión crítica de los documentos del ConFeDI (2006) referidos a la enseñanza por competencias, se ha obtenido como resultado que existen dos modos básicos de plantear qué son las competencias y que el diseño curricular por competencias los debe integrar.
El primer modo pone el acento en la integralidad de los saberes científicos-tecnológicos-sociales-actitudinales-valores.
El segundo, sin negar la integralidad, acentúa la capacidad de saber usar los saberes para resolver situaciones profesionales reales.
El primer modo se relaciona con las competencias genéricas y específicas, el segundo con las competencias de egreso, estas últimas las forma el estudiante a partir de la práctica profesional o experiencia lo más cercana a la realidad posible. La Resolución Ministerial 1232/01 contempla los espacios curriculares- como por ejemplo la práctica profesional supervisada (PPS)- para que estas competencias de egreso puedan ser construidas por el alumno.
El objetivo de esta ponencia es determinar a través del análisis de los proyectos de PPS realizados en el período 2006-2011 en la carrera de Ingeniería Mecánica en qué medida su diseño promueve la formación de competencias en el sentido señalado anteriormente y a partir de las conclusiones obtenidas realizar una propuesta didáctica para optimizarlas
En el análisis se ha considerado: el ámbito de implementación de la PPS, el tipo de tarea o situación real profesional, los saberes que pone en juego el estudiante para resolver la situación problemática y su relación con el contenido de las asignaturas, si las competencias se formularon explícitamente, las estrategias de evaluación que se utilizaron, la intervención del Docente Supervisor y la reflexión sobre la práctica.

Palabras Claves: Competencias-Formación-Práctica profesional supervisada-ingeniería mecánica-currículo.

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad del presente artículo es comunicar parte de las conclusiones a las que se ha arribado en la investigación sobre las competencias específicas para la formación del ingeniero mecánico.

La formación por *competencias* surge en la enseñanza de la ingeniería a través de los Acuerdos del ConFeDI, avalada por la CONEAU en la Resolución Ministerial 1232/01.

El análisis bibliográfico específico sobre el tema permite observar que existen dos modos básicos de comprender qué son las competencias:

a) Competencia se entiende como el conjunto de saberes (teóricos, prácticos, actitudes) necesarios para resolver situaciones laborales, profesionales, o de la vida ciudadana. A partir de esta comprensión del término la pregunta fundamental sería: **¿cuáles son esos saberes?** Requeridos para resolver esas situaciones-problema específicos.

b) Perrenoud [1] y Le Boterf [2] invierten la forma de plantear la definición, no niegan la importancia de los saberes pero ponen el énfasis en la capacidad (poder) de movilizarlos. La pregunta fundamental sería **¿cómo es posible movilizar esos saberes?** para resolver situaciones reales, esto es de la vida social, profesional, laboral.

Como definición el ConFEDI [3] adopta la sustentada por Perrenoud y Le Boterf pero se dedica fundamentalmente -clasificadas las competencias– a realizar una taxonomía de saberes/capacidades denominadas **competencias genéricas y específicas.**

Por otra parte en los Acuerdos del 2006 dicho Consejo clasifica a las competencias en: **competencias de egreso** que *se desarrollan a través de las prácticas pre-profesionales* y **competencias profesionales** *"…se desarrollan en la vida profesional".*

Las competencias de egreso se forman con la *movilización* de los saberes, capacidades o recursos y si, como piensan Perrenoud y Le Boterf, la movilización no se enseña, sino que es propia del sujeto, la forma el mismo alumno frente al problema que tiene que solucionar ¿qué papel le cabe a la universidad en la formación de competencias de egreso? La responsabilidad de la Universidad está tanto en la formación de las competencias generales y específicas, que por otra parte suponen saberes integrales, como en los espacios que se le brindan a los alumnos para que desarrollen las competencias de egreso a partir de situaciones reales o lo más cercanas posible a la realidad.

Es necesario aclarar que las competencias profesionales no deben confundirse con las actividades reservadas al título o incumbencias aunque su vinculación es sustantiva.

2. El enfoque curricular por competencias

El diseño curricular por competencias es un **enfoque,** una manera de concebir la enseñanza y el aprendizaje, al docente y al alumno. El currículo supone siempre una orientación pedagógico-didáctica en la que subyacen requisitos fundamentales como: apertura e intercambio con el contexto, la prospectiva o vigilancia de las tendencias en la ingeniería mecánica esta vigilancia tiene por fin la coherencia entre el futuro de la ingeniería mecánica, el perfil y el plan de la carrera.

Por otra parte este enfoque pone el acento en la importancia de las disciplinas (relacionada **con competencias genéricas y específicas**). Asimismo esta sustentado en una visión del aprendizaje que otorga a la acción/práctica un lugar preponderante, de ahí la importancia de métodos como la resolución de problemas o el análisis de casos, entre otros, su fundamento es el aprendizaje activo y la evaluación por resultados, el out put. En el aprendizaje activo no tiene importancia sólo el docente sino el estudiante considerado protagonista y responsable de su aprendizaje. Este aspecto activo del

aprendizaje se vincula , entre otras cosas, con las prácticas en situación real, las prácticas en condiciones reales contribuyen a movilizar todas las capacidades y recursos (**competencias de egreso)** del estudiante para resolver el problema en la realidad que es siempre compleja , de ahí que las capacidades que tiene que movilizar son tecno-sociales-actitudinales, esto es**: integrales**. Esta movilización sólo la puede realizar el estudiante, es decir no es enseñable.

El enfoque por competencias implica la articulación de las disciplinas tanto vertical como horizontal. Y dado que la realidad del mundo productivo, laboral y la forma de producción de tecnología en la actualidad es interdisciplinaria, el diseño de las actividades situacionales debe contemplar este último requisito.

A modo de síntesis el enfoque curricular por competencias supone una visión holística o integral. Uno de los espacios adecuados para la formación de las competencias son las PPS.

Procuraremos ahora vincular esta doble responsabilidad a la que hacíamos referencia con la normativa vigente en la enseñanza de la ingeniería.

Las Resoluciones del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología Nº 1232/01 [4] y 1054/02 [5] establecen los criterios sobre la intensidad de la formación práctica para la acreditación y la definición de la Práctica Profesional Supervisada (PPS) como un espacio curricular que forma parte del plan de estudio de ciertas carreras de ingeniería. Ante estas disposiciones la Universidad Tecnológica Nacional a través de la Ordenanza Nº 973 del 2003 [6] incorpora la PPS a los Diseños Curriculares de sus especialidades. A nivel institucional –Facultad Regional Buenos Aires- la Comisión de Enseñanza formalizó lo reglamentado por la Ordenanza 973 mediante las Resoluciones Nº 193/03 [7] y 06/04 del Consejo Directivo [8].

Con esta normativa quedan establecidos los requerimientos para la realización de las PPS como cantidad de horas, correlatividades, entre otros.

¿Cuál es el sentido de incorporar la PPS? La de generar espacios para que el estudiante pueda movilizar las capacidades integrales desarrolladas a lo largo de su carrera.

En primer lugar este espacio curricular se introdujo, junto con los requisitos de formación práctica en relación a la habilitación profesional para las carreras que comprometen el bien, la seguridad pública y en las cuales el Estado fija actividades reservadas al título o incumbencias. Los requisitos de formación práctica están en conexión con la habilitación profesional [9].
Sin embargo la respuesta más profunda a esta pregunta supone plantear la conexión entre Universidad y medio (social, laboral, productivo). Las PPS constituyen uno de los espacios curriculares de interconexión.
Esta cuestión de la vinculación Universidad-medio es tan significativa y problemática que merece un tratamiento especial que escapa al objetivo de este artículo, pero de la que no se puede dejar de hacer referencia, precisamente por su importancia. Únicamente se remarca que el problema tiene dos ejes: el primero atender a las características del contexto productivo y demandante, en el cual el ingeniero deberá insertarse, y segundo la transferencia de conocimientos científicos-tecnológicos que la universidad puede brindar al medio para la resolución de problemas productivos, sociales y de desarrollo en general.

Para corroborar lo dicho es suficiente prestar atención al **objetivo general** de las PPS (Ordenanza Nº 973 del 2003, Resoluciones Nº 193/03 y 06/04) *"ampliar la formación práctica de los alumnos y facilitar la transmisión del ámbito académico al productivo por medio del contacto directo con la realidad tecnológica empresarial".* Como así también *"Intensificar la formación practica de los alumnos de las carreras de ingeniería (…) desarrollar la formación científico-técnica actualizada y adecuada a las necesidades de un medio que esta en continua evolución, evitar la disociación entre la formación del estudiante y el ejercicio profesional, desarrollar el espíritu critico, independiente, innovador de*

síntesis y de concreciones y promover el trabajo activo y creativo en equipo, con sus metodologías de acción y técnicas de comunicación".

Así, entonces, las PPS ponen en evidencia en la práctica y dentro de la empresa o contexto laboral los conocimientos acreditados por los estudiantes cumplido un ciclo de estudio. La normativa establece que "…*podrán iniciar la PPS todos aquellos alumnos que cumplan los requisitos académicos para inscribirse en la asignatura integradora del 4° nivel"* y acreditar la condición de alumno regular. En este estudio que se centra en la carrera Ingeniería Mecánica de la FRBA, la integradora del 4to nivel es la asignatura Elementos de Máquinas.

Cabe preguntar si el diseño de las PPS, su estructura y cómo se desarrolla tiene en cuenta los requerimientos fundamentales del diseño por competencias tal como se ha comentado anteriormente.

2.1. Diseño de las PPS

Con el fin de analizar si la realización de la PPS por parte del alumno permite la construcción de competencias y el afianzamiento de las ya adquiridas (por ejemplo mediante prácticas de laboratorio y en la resolución de problemas abiertos de ingeniería formulados en las asignaturas correspondientes, entre otras) se ha llevado a cabo un estudio del diseño didáctico de las prácticas profesionales supervisadas en el período 2006-2011 en la carrera de ingeniería mecánica- FRBA-UTN.

2.1.1 Requerimiento para el alumno

Para iniciar la PPS los alumnos deben presentar un proyecto en el cual conste:

- Título del trabajo
- Objetivo general: consiste en enunciar lo que se espera alcanzar con el desarrollo del trabajo, abarca la resolución técnica, económica, ambiental, etc. de una necesidad planteada.
- Objetivos secundarios: son los medios para alcanzar el logro de los objetivos principales.
- Poner de manifiesto las necesidades: instancia donde se identifican y determinación de las necesidades, éstas pueden provenir de cambios del contexto en el que está inserta la organización, pueden relacionarse con innovaciones tecnológicas; pueden manifestarse por el origen de problemas que se vinculen con la organización, por ejemplo, disminución de la productividad o baja en la calidad de los productos o servicios, etc.
- Análisis de las factibilidades: implica el estudio de los recursos económicos-financieros, sociales, ambientales, técnicos que se estiman necesarios para efectuar una inversión.
- Desarrollo de la práctica:
- Conclusiones: incluye la evaluación de los resultados para extraer conclusiones en los siguientes aspectos: técnicos, económicos, ergonómicos, cuidado del medio ambiente, humanos, etc.

(Instrumental elaborado por el Departamento de Ingeniería Mecánica: metodología para la elaboración de proyectos, FRBA-UTN, 2010) [10]

En el período 2006-2011 se realizaron 129 proyectos.
De acuerdo a los temas de los proyectos se construyeron para poder hacer el análisis las siguientes categorías:

a) PRODUCCIÓN E INSTALACIONES INDUSTRIALES:
    1) Producción: comprende los procesos de fabricación en los que se integran materia prima, mano de obra especializada y el equipamiento tecnológico necesario para la obtención del producto que es el resultado del proceso de fabricación.

2) Instalación Industrial: es entendida como el conjunto de los medios requeridos para los procesos de fabricación. La instalación industrial puede incluir: el edificio industrial, las maquinarias o bienes de equipamiento (esto es instalaciones de distribución y almacenamiento de fluidos industriales, de generación, transformación y distribución eléctrica, de aire comprimido, protección contra incendios, de saneamiento, entre otros).

b) CÁLCULO, PROYECTO Y DISEÑO: abarca la serie de cálculos objetivos, métodos, conocimientos, técnicas y pensamiento creativo que tienen como propósito el diseño de objetos de producción industrial, observando sus realizaciones, sus caracteres estructurales – formales, estético-simbólicas, valores y particularidades que contribuyen a su creación.

c) GESTIÓN, LOGÍSTICA Y MANTENIMIENTO: incluye la coordinación de recursos humanos y materiales. Tareas de planificación y distribución del trabajo en pos de lograr la máxima rentabilidad y confiabilidad de los procesos, abarcando desde la recepción de materiales hasta la evaluación del producto.

d) ENSAYOS Y CONTROLES INDUSTRIALES: se refiere al conjunto de ensayos destructivos y no destructivos practicados a un material o producto, pudiendo o no afectar sus características químicas, físicas o mecánicas en forma permanente. Se busca responder satisfactoriamente a los estándares que rigen las distintas actividades productivas.

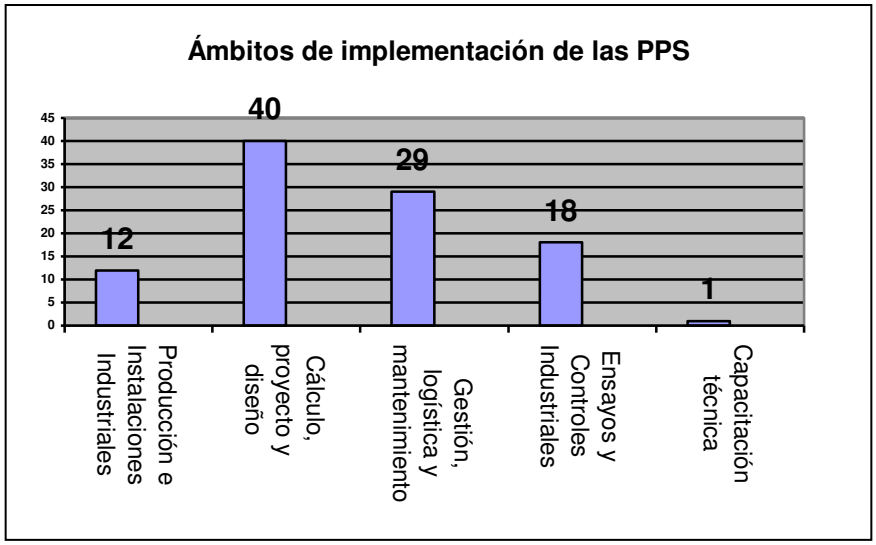
e) CAPACITACIÓN TÉCNICA: comprende las técnicas y estrategias vinculadas con la transmisión de conocimientos y el desarrollo de destrezas y habilidades para el desempeño de una actividad vinculada a la ingeniería mecánica. Siendo un ejemplo de esto, un curso de capacitación en nuevas aplicaciones en el proceso de soldadura.

En la siguiente tabla y gráfico pueden verse los resultados obtenidos en cada una de las categorías:

Tabla 1 *Distribución de ámbitos de implementación de la PPS*

Categorías	**Cantidad**	**%**
Producción e Instalaciones Industriales	16	12 %
Cálculo, proyecto y diseño	52	40 %
Gestión, logística y mantenimiento	37	29 %
Ensayos y Controles Industriales	23	18 %
Capacitación técnica	1	1 %
TOTAL	129	100 %

Gráfico 1 *Distribución de ámbitos de implementación de la PPS*



Fuente: elaboración propia sobre el relevamiento de información en los registros de PPS en la carrera de Ingeniería Mecánica 2006-2011, FRBA, UTN.

Entre las PPS del 2006-2011 se evidencia un gran porcentaje vinculado al tipo de tarea (o situación real profesional) "Cálculo, Proyecto y Diseño" y a este porcentaje le sigue el tipo de tarea de "Gestión, logística y mantenimiento".
La categoría "Producción e Instalaciones Industriales" alcanza un valor importante en el conjunto analizado.
Y en cuanto a capacitación técnica sólo fue identificado un solo caso.

¿Cuáles son las asignaturas con las que se vinculan las PPS?

PRODUCCIÓN E INSTALACIONES INDUSTRIALES:
Ingeniería Mecánica III
Instalaciones Industriales
Tecnología de Fabricación

CÁLCULO, PROYECTO Y DISEÑO:
Estabilidad I
Diseño en 3D
Materiales Metálicos
Estabilidad II
Termodinámica
Diseño Mecánico
Mecánica Racional
Mecánica de los Fluidos
Elementos de Máquinas

GESTIÓN, LOGÍSTICA Y MANTENIMIENTO
Probabilidad y Estadística
Economía
Electrotecnia y Máquinas Eléctricas
Organización Industrial
Tecnología del Calor
Máquinas Alternativas y Turbomáquinas
Mantenimiento
Metrología e Ingeniería de Calidad

ENSAYOS Y CONTROLES INDUSTRIALES
Química Aplicada
Mediciones y Ensayos

CAPACITACIÓN TÉCNICA:
ingresan en esta categoría las asignaturas referidas a temas específicos que se traten en las instancias de capacitación.

2.1.2 Requerimientos para el tutor

La intervención del Docente Supervisor se basa en:

- Establece contacto con el alumno.
- Evaluación del proyecto y organización del trabajo
- Establecer una comunicación con la persona responsable por parte de la empresa para acordar los lineamientos a considerar en la evaluación del desempeño del alumno.
- Evaluación de los avances en el desarrollo de la PPS observando el cumplimiento de las fases de realización del proyecto y las condiciones para la presentación de cuadros, planos, gráficos, etc.

¿Dónde realiza las prácticas el estudiante?

El alumno puede realizar estas prácticas en empresas estatales o privadas siempre que la actividad tenga vinculación con lo específico de la ingeniería mecánica, en calidad de trabajador autónomo o pasante de la facultad.

2.1.3. Aspecto peculiar en la realización de las PPS en IM-FRBA

Una particularidad que se presenta en este espacio curricular es que la mayoría de los alumnos que realizan las PPS trabajan lo que hace difícil cumplir con 200 hs. de práctica en estas condiciones, por eso el verdadero desafío consiste en articular las prácticas profesionales supervisadas con el trabajo de los estudiantes. Y lo esencial es que en esta articulación se tengan presente los objetivos de la práctica profesional: lograr que el alumno *movilice,* al decir de Le Boterf y Perrenoud, tanto las capacidades específicas de los ingenieros mecánicos como las de gestión, sociales, ecológicas y éticas, adquiridas académicamente.

2.1.4. Acerca de los objetivos específicos

- Objetivo Particular:
  Que el alumno adquiera:
  - Vivencias del funcionamiento de la empresa en forma global y afiance su conocimiento sobre las atribuciones y responsabilidades de cada función.
  - Prácticas en el manejo de relaciones humanas en los diferentes niveles de una organización.
  - Métodos de trabajo compatibles con el funcionamiento eficiente de una estructura organizativa dada.
  - Habilidad en el desarrollo de tareas multidisciplinarias, dentro de las disponibilidades de tiempo y recursos existentes en la empresa, desarrollando la aptitud para el planeamiento, la organización, la conducción y control de las acciones puestas bajo su responsabilidad.

Es muy interesante observar que estos objetivos son objetivos que implicarían *movilización* de capacidades y recursos organizacionales y de gestión.

Este hecho hace posible conjeturar que son las competencias que más necesita formar el estudiante, porque en la carrera académica no lo ha podido hacer (o porque el distanciamiento entre la formación académica y la práctica real profesional no posibilita que el alumno las forme).

La pregunta que se formula es **¿cuenta con los recursos o capacidades propias para poder movilizarlas en la situación real-profesional? Si se tiene en cuenta la particularidad mencionada** anteriormente, es decir que al momento de hacer la PPS la mayoría de los alumnos ya cuentan con una experiencia adquirida en el ámbito de la profesión/desempeño laboral, entonces se puede pensar que los alumnos poseen tales recursos y posiblemente la PPS no sólo se vivencie como una instancia donde capitalizarlos, además de acreditarlos desde la formación universitaria, sino también perfeccionarlos.
Ahora las capacidades y recursos para la resolución de problemas abiertos de ingeniería ¿las adquirió el alumno a lo largo de su carrera? la resolución de problemas ¿pone el acento en la toma de decisiones, en la capacidad de estrategia, la creatividad, el discernimiento de la situación, lo innovador o solamente acentúa lo técnico-conceptual, donde la puesta en acción o la movilización de los recursos es fundamentalmente teórica o científico-tecnológica?

En diferentes asignaturas de la carrera los alumnos acceden a un tipo de formación práctica que incluye –entre otras actividades- la resolución de problemas ¿son situacionales? En algunos casos se brindan ejemplificaciones, ejercitaciones, explicaciones, generalizaciones, etc. abordando la parte práctica de ciertos contenidos propuestos en el programa. En otros hay intentos de incluir la RP situacional como metodología de enseñanza ¿Qué permitiría la PPS al respecto? .La PPS puede jugar un papel clave si en su desarrollo se aplica el método de RP situacional porque está anclado en "situaciones reales" del trabajo profesional. De este modo se podría favorecer –reafirmando lo formulado por la Resolución Ministerial- que los alumnos desarrollen **competencias propias de la ingeniería (competencias específicas)** y en las cuales se integren las capacidades tecnológicas y sociales (**integralidad** de las capacidades o saberes a la que hemos hecho mención al principio de esta ponencia). Asimismo se puede preguntar ¿qué lugar ocupa lo interdisciplinar, el intercambio y trabajo con otros, la responsabilidad profesional, la evaluación social y ambiental de las acciones ingenieriles en la resolución de problemas? De acuerdo con el análisis efectuado se sostiene que estas actividades requieren todavía de un mayor afianzamiento, las mismas pueden ser guiadas mediante la intervención del docente tutor como parte del trabajo de autoanálisis necesario sobre la propia práctica.

2.1.5. Análisis comparativo entre el diseño por competencias y las PPS

Partiendo de la situación que la mayoría de los alumnos que realizan la PPS trabajan, observamos que uno de los requisitos de la formación por competencias, el de la práctica en situación real, se cumple en la PPS, quedando enlazadas en ella tanto el requerimiento de la práctica como la conexión con el medio concreto productivo-laboral.
La situación real por otro lado, es el "obstáculo" que permite movilizar capacidades técnicas, sociales y de gestión para la resolución de problemas.
Los puntos de contacto que se visualizan , entonces son: las PPS promueven la apertura e intercambio con el contexto: laboral-productivo-social; se pone evidencia un alto valor dado a las disciplinas o más precisamente a los conocimientos aprendidos en distintas áreas disciplinares y a la interdisciplinar; se estimula la resolución de problemas reales o el análisis de casos enmarcados en una situación; se busca desarrollar una formación integral del futuro ingeniero que no sólo atiende a los saberes técnicos, entre otros.

Sin embargo puede optimizarse este espacio como se trata de mostrar y explicar en el apartado que sigue.

3. Propuesta didáctica

Del análisis del diseño de las PPS llevado a cabo podemos decir que para que este sea el espacio óptimo para la formación de competencias su diseño debería contemplar los siguientes aspectos:

a) **Selección y la descripción de una situación-problema-real profesional de su especialidad**: formulación del problema o situación-problema a resolver inherente al campo profesional, se busca determinar cuándo una situación-problema requiere de la aplicación de una metodología y de todos los medios-recursos necesarios para poner en juego en dicha resolución. Según el análisis realizado fue posible identificar que el alumno en el proyecto debe poner de manifiesto las necesidades y no se observó con claridad si se profundiza en el procedimiento de resolución de problemas abierto de ingeniería. Consideramos esto requerirá un futuro estudio más exhaustivo.

b) **Formulación de objetivos de la asignatura que se lograrían a través de la situación-problema:** se orienta hacia los logros que se esperan alcanzar. Los objetivos a plantearse deben ser viables, pertinentes y ser claros, libre de ambigüedades.
En los formularios estudiados se observó el registro de las asignaturas que se involucran en cada PPS pero no se pudo constatar si se formulan objetivos que vinculen específicamente la asignatura con la situación-problemática.

c) **Formulación de la/s competencia/s que se espera que el alumno construya**: descripción en términos de capacidades, conocimientos y actitudes en forma contextual es decir relacionadas con la situación-problema

En el análisis efectuado no se ha observado la formulación de las competencias que puede desarrollar el alumno a partir de la situación problemática.

d) **El papel de los tutores como guías del proceso**: ¿Cómo guiaría a sus alumnos en la solución de la situación-problema? ¿qué queremos que nuestros alumnos comprendan, por qué y para qué? ¿Cómo se promueve el aprendizaje autorregulado a medida que los estudiantes desarrollan recursos-estrategias para definir el problema? ¿Se transfieren las situaciones de la práctica real a las situaciones de enseñanza?

Se registró que la tarea del tutor está centrada en la asistencia en la fase de formulación del proyecto y en el control de la ejecución, cumplimiento de plazos etc. pero no se pone en evidencia los logros de aprendizaje. En este sentido la actividad podría estar más ligada al control de gestión que al aprendizaje autorregulado.

e) **Definición de las estrategias de evaluación**: esto es preguntarse ¿de qué modo evaluaría la formación de la/s competencia/s? ¿la evaluación de los aprendizajes incluye la preferencia de la comprensión y no de la repetición? ¿Se comparan los recursos-estrategias de diferentes experiencias entre los estudiantes y tutores?

Como no se presenta un diseño de la PPS en términos de competencias es imposible evaluar por competencias.
La evaluación por competencias es formativa debe promover una reflexión sobre la propia práctica, por otro lado esto también acarrearía una evaluación para el tutor y para el diseño curricular de la carrera en la media que pondría a la luz sus aciertos y sus deficiencias.

A su vez como se dijo anteriormente el enfoque por competencias implica un currículo flexible tanto en la articulación currículo-contexto como en la articulación de áreas y asignaturas, esto último no se evidenció en la estructura de las PPS, ya se puso en evidencia que las asignaturas sólo se mencionan.

En 4to año en el plan de estudio figuran materias optativas como Emprendedorismo, Evaluación socio-económica de proyectos con las cuales se podría articular así como también con las materias que a lo largo de la carrera le brindan al estudiante la formación para realizar análisis de factibilidad económica, y la metodología de realización de proyectos , metodología que debería enriquecerse con la incorporación de tecnologías llamadas por el sociólogo Daniel Bell tecnología intelectuales: resolución de problemas situacionales, metodología para la resolución de problemas de innovación, planificación estratégica, toma de decisiones, creatividad, etc.

4. CONCLUSIONES

La distancia entre el ideal óptimo del diseño por competencias y la realización real de las PPS es un desafío a sortear. Ahora bien hablamos de distancia y no de ausencia de elementos compatibles con el diseño por competencias.
Para poder acortar esta distancia hay que tener presente en primer lugar la situación real de los alumnos: trabajan. Cumplir trabajando con el requisito de 200 hs. de práctica profesional fuera de su lugar de trabajo se hace muy difícil, por esta razón se debe convertir este hecho en una oportunidad para la vinculación con las empresas o el medio laboral, para la vinculación contexto-universidad.
Segundo optimizar a partir de las PPS la articulación con las asignaturas como Economía, Emprendedorismo, Evaluación Social de proyectos. Inclusive con otras asignaturas que sin declararlo explícitamente realizan actividades que favorecen la formación de competencias.
Tercero elaborar nuevos instrumentos para la PPS teniendo en cuenta los aspectos enumerados en la propuesta didáctica.
Cuarto profundizar en este espacio las metodologías de gestión antes mencionadas, como la metodología para la resolución de problemas situacionales o abierto de ingeniería.
Quinto aunque aparezca en último lugar es tal vez el aspecto más sencillo y más urgente: generar conciencia del sentido de este espacio curricular (PPS) cuyos ejes son la habilitación profesional que es la intención originaria pero que también puede ser considerado como espacio idóneo para la formación de competencias, espacio que permite potenciar todos los esfuerzos que se realizan en las distintas asignaturas en este sentido y que no se relacionan intencionalmente con el diseño por competencias por desconocimiento.

5. REFERENCIAS.

[1] Perrenoud, Philippe. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar.* Barcelona. 1° edic. en español. Editorial Graó. España.

[2] Le Boterf, Guy. (2001). *Ingeniería de las competencias.* Barcelona. 1° edic. en español. Editorial Gestión 2000. España.

[3] ConFeDI "Primer Acuerdo sobre competencias genéricas. 2do Taller sobre desarrollo de competencias en la enseñanza de la Ingeniería Argentina" Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química. UNLP. 2° Informe, 17 de mayo de 2006.

[4] Resolución Ministerial Nº 1232/01 Ministerio de Educación – Profesiones reguladas por el Estado, inclusión de Ingeniería Aeronáutica, en Alimentos, Ambiental, Civil, en Electricidad, Electromecánica, Electrónica, en Materiales, Mecánica, en Minas, Nuclear, Petróleos, Química. Sancionada en el marco del artículo 43 de la Ley de Educación Superior Nº 24521.

[5] Resolución Ministerial Nº 1054/02 Ministerio de Educación.

[6] Ordenanza N° 973 del 2003– CSU UTN establece el marco normativo general de aplicación en la UTN relativo a la PPS.

[7] Resolución N° 193/03 (Consejo Académico FRBA) incorpora la Practica Profesional Supervisada a los Diseños Curriculares de las carreras de Ingeniería

[8] Resolución 06/04 del Consejo Académico del la FRBA-UTN

[9] Sánchez Martínez, Eduardo. La legislación sobre educación superior en Argentina. Entre rupturas y continuidades. En Barsky, Osvaldo, Sigal, Víctor, Dávila, Mabel (2004), *Los desafíos de la universidad Argentina.* Editorial UB-Siglo XXI. Buenos Aires.

[10] Documentación sobre PPS (formularios, proyectos, boletines informativos, matrices de datos) perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica, FRBA, UTN.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

LAS SIMULACIONES EN EL ESTUDIO DE UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y DE UNA VIGA EMPOTRADA.

Lagomarsino, Fernando[1], Abdel Masih, Samira[2], Cabrera, Jorge[3]

Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería.
Camino de Cintura km 2. Lavallol. Buenos Aires. Argentina.
[1]E-mail: Fernando.lagomarsino@gmail.com
[2]E-mail: abdel.masih@hotmail.com
[3]E-mail: jcabrera@tel-sa.com

RESUMEN

El estudio de las deformaciones que sufren las vigas es una cuestión de gran interés para la Ingeniería. Debido a sus múltiples aplicaciones en problemas relacionados con Mecánica de Materiales, Elementos de Máquina y Vibraciones, este tema ha adquirido relevancia en la enseñanza de la Ingeniería Mecánica.
En la actualidad, la tecnología de computadoras brinda una potente herramienta que permite reproducir un fenómeno de la vida real mediante un proceso más sencillo y menos costoso: la simulación.
El presente trabajo hará uso de esta técnica como herramienta de enseñanza en el estudio las deformaciones producidas por una viga simplemente apoyada o empotrada, tras ser sometida a una carga puntual o distribuida, de posición y módulo variable.
Para llevar a cabo este análisis se aplicará la ecuación diferencial de la elástica utilizando, como novedad, la expresión rigurosa de la curvatura. De este modo, se integrarán conceptos matemáticos aplicando, por ejemplo, los Métodos de Runge-Kutta.
Luego, haciendo uso del software Wolfram Mathematica, se efectuarán simulaciones para predecir los efectos de estas cargas al actuar en distintas posiciones de la viga y modificando, además, la intensidad de las mismas. De esta manera, variando los parámetros que intervienen en el proceso de simulación, se podrá obtener un análisis más detallado del funcionamiento del sistema, como así también predecir situaciones.
Posteriormente, una vez visualizadas las deformaciones, se cotejarán experimentalmente en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería, a fin de corroborar los resultados obtenidos mediante la simulación.
De este modo, los contenidos que se exponen en este trabajo favorecerán la articulación con diversas asignaturas de la carrera de Ingeniería, y permitirán al estudiante comprobar que el uso de un software de simulación contribuye a analizar, a bajo costo, el proceso de deformación de una viga y a anticipar posibles resultados no previstos.

Palabras Claves: Ecuaciones diferenciales, viga, línea elástica.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento de las vigas ha sido una fuente de aportes teóricos de gran interés para la Ingeniería. Uno de los primeros en intentar explicar este fenómeno fue Galileo Galilei (1564 - 1642), quien obtuvo algunos resultados referentes a la resistencia de una viga sometida a cargas transversales. Aunque algunas de las hipótesis que empleaba en su análisis no eran correctas, su forma de abordar el tema fue aplicada en investigaciones posteriores. Sin embargo, una caracterización de la curva que adopta una viga como resultado de su deformación, conocida como "curva elástica", fue desarrollada por primera vez por Leonhard Euler (1707 - 1783). Pero ésta sólo pudo ser trazada con cierta precisión por Max Born (1882 - 1970), en 1906. A partir de 1980, con la llegada de la computadora digital de alta velocidad, nuevas técnicas numéricas se iniciaron a fin de encontrar soluciones más exactas de la curva elástica.
En la actualidad, gracias a las herramientas de simulación que brinda la tecnología de computadoras, se pueden reproducir fenómenos de la vida real mediante un proceso más sencillo y menos costoso.
En este trabajo haremos uso de esta técnica como recurso didáctico para el estudio de una viga. Primeramente analizaremos analíticamente las deformaciones a la que es sometida bajo la acción de una distribución de cargas, cuando se encuentra simplemente apoyada o empotrada. Luego se mostrará un ensayo de laboratorio para finalmente cotejar los resultados mediante una simulación.

1.1. Algunas notaciones e hipótesis de trabajo.

Es habitual, cuando fijamos un sistema de coordenadas cartesianas en el plano, llamar al eje de abscisas con la letra "x" y al eje de ordenadas orientarlo positivamente hacia arriba. Sin embargo, en honor a Leonhard Euler, llamaremos al eje de abscisas como eje "z", tal como él lo definió. De este modo, los ejes serán simbolizados y orientados como se muestra en la siguiente figura:

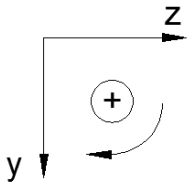


Figura 1 *Sistema de ejes coordenados*

Las unidad de fuerza que adoptaremos en este trabajo será el Kilogramo fuerza [Kgf] y la unidad de longitud, el Centímetro [cm]. Por otro lado, consideraremos una viga de longitud L y supondremos que sobre ella actúan cargas que tienen la misma dirección y sentido que la del semieje "y" positivo.
Estudiaremos el caso en que la viga, por acción de estas fuerzas, sufre una deformación elástica y que, cualquiera sea su sección transversal, la deformación que soporta es la misma. Por esta razón analizaremos solamente una de sus secciones transversales y la ubicaremos sobre el eje "z", de modo tal que uno de sus extremos coincida con el origen de coordenadas. Definiremos entonces la función $y: [0\ ,\ L] \rightarrow \Re_{\geq 0}$ de manera tal que y(z) representa la distancia vertical que se desplaza cada punto "z" de la viga de su posición de equilibrio. La función "y" es usualmente llamada la "flecha de la viga" y su gráfica recibe el nombre de "curva elástica".

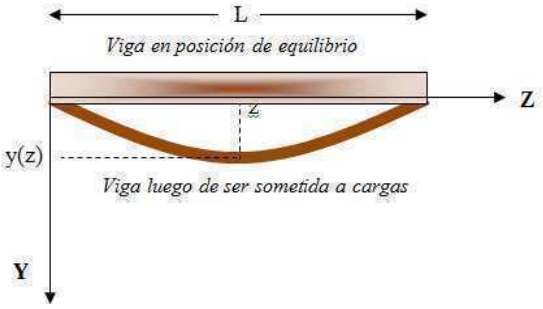


Figura 2 *Forma que adopta una viga antes y después de ser sometida a una o más cargas.*

Se puede demostrar (véase [3]) que y(z) verifica la siguiente ecuación diferencial, llamada "*la ecuación diferencial de la elástica*":

$$\frac{y''(z)}{\left[1 + (y'(z))^2\right]^{3/2}} = - \frac{M}{E \cdot J_{zz}} \qquad (1)$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad o módulo de Young.
J_{zz} = Momento de inercia de segundo orden de la sección transversal.
M = Momento flexor con respecto a la abscisa "z".

El denominador del miembro izquierdo de la ecuación (1) es precisamente la curvatura, en el punto "z", de la curva elástica. Es común considerar que, cuando la expresión $(y'(z))^2$ es pequeña comparada con la unidad, se desprecia para obtener:

$$y''(z) = - \frac{M}{E \cdot J_{zz}} \qquad (2)$$

En el presente trabajo aplicaremos la ecuación diferencial (1) a fin de obtener un resultado más exacto. Luego lo compararemos con los resultados obtenidos para el mismo caso, pero utilizando la ecuación diferencial (2).
En la próxima sección mostraremos detalladamente cómo obtener la función "y" para una viga simplemente apoyada.

2. ESTUDIO DE UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

Consideremos una viga que consta de un apoyo fijo y otro móvil, como se muestra en la figura siguiente:

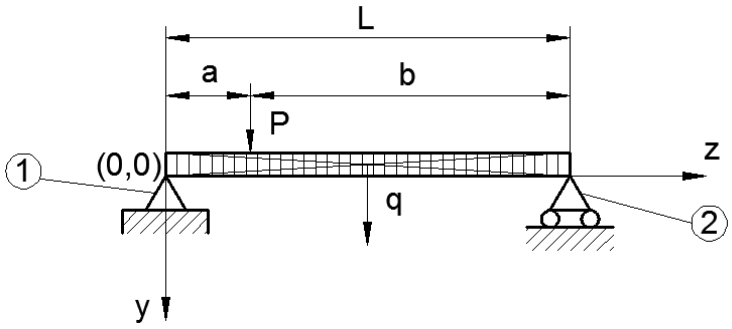


Figura 3 *Viga con una carga distribuida y una carga puntual móvil.*

Referencias: 1: Apoyo fijo. 2: Apoyo móvil. (0,0): Origen de coordenadas. P: Carga puntual móvil. q: Carga distribuida. L: Longitud de la viga. a: Distancia desde el origen de coordenadas hasta P. b: Distancia desde P hasta el extremo derecho de la viga.

Si la viga tiene una carga distribuida y una carga puntual a una distancia "*a*", el diagrama de momentos tendrá una inflexión debido a la acción de la fuerza "*P*". En este tipo de situaciones es conveniente considerar a las cargas descompuestas en dos sistemas y suponer que cada sistema parcial origina tensiones y deformaciones de manera independiente. De este modo, el efecto real es el resultado de la suma de los efectos producidos por los dos sistemas parciales de cargas. Este método recibe el nombre de "*Método de Superposición*" y lo aplicaremos para resolver la ecuación diferencial (1). Para ello plantearemos tres funciones de momento flexor: las dos primeras serán para la fuerza "*P*", considerando los tramos $0 < z \leq a$ y $a < z \leq L$. Llamaremos M_1 y M_2 al momento flexor del primer y segundo tramo respectivamente. La tercera función de momento será para la carga

distribuida, en el intervalo $0 < z \leq L$.

Para analizar esta situación consideraremos los siguientes casos:

2.1. Primer Caso: Se tiene sólo una fuerza actuante: la carga puntual P.

En este caso, su diagrama correspondiente es el siguiente:

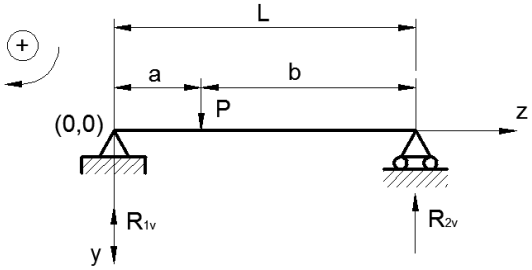


Figura 4 *Viga con las reacciones en sus apoyos.*

A fin de hallar la expresión de función que forma la curva del momento, calcularemos primeramente las resultantes de cada uno de los apoyos. Para ello plantearemos las tres ecuaciones de la estática, a partir de las resultantes de la figura 4:

De este modo,

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} F_{z_i} = 0 \\ \sum_{i=1}^{n} F_{y_i} = 0 \\ \sum_{i=1}^{n} Mf_i = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^{1} F_{z_i} = R_{1h} = 0 \\ \sum_{i=1}^{3} F_{y_i} = P - R_{1v} - R_{2v} = 0 \rightarrow \quad R_{1v} = P - R_{2v} \quad \rightarrow \\ \sum_{i=1}^{3} Mf_{i_{(0,0)}} = P \cdot a - R_{2v} \cdot L = 0 \rightarrow \; R_{2v} = \dfrac{P \cdot a}{L} \end{cases} \begin{cases} R_{1h} = 0 \\ R_{1v} = P - \dfrac{P \cdot a}{L} \\ R_{2v} = \dfrac{P \cdot a}{L} \end{cases}$$

La figura siguiente muestra la viga con las fuerzas resultantes en sus apoyos.

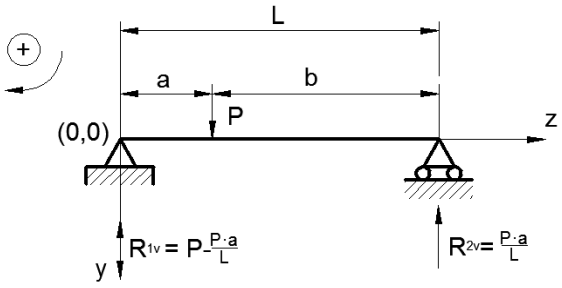


Figura 5 Viga con las resultantes en sus apoyos.

En este caso la fuerza actuante es una fuerza puntual "*P*" de valor $P(z) = 0$. El esfuerzo cortante será:

$$Q(z) = -\int P(z) \cdot dz = -\int 0 \cdot dz = -C_1 \qquad (3)$$

Para hallar el valor de la constante C_1, necesitaremos una condición inicial que podrá obtenerse a partir del gráfico de la figura 6. En este caso, se observa que tanto la función que define al esfuerzo cortante como la que define al momento flexor están expresadas en dos tramos. Por esta razón

consideraremos dos situaciones: la primera para $0 < z \leq a$ y la segunda para $a < z \leq L$.

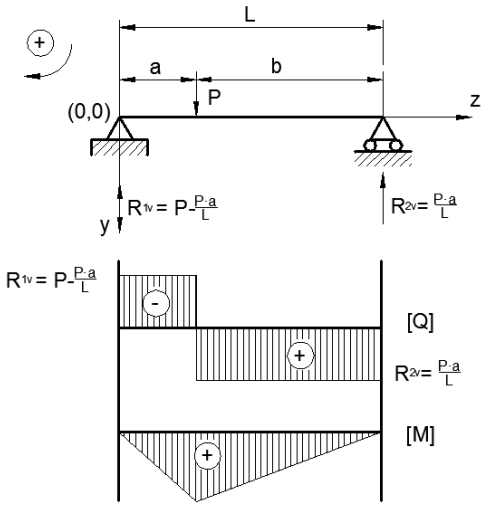


Figura 6 Viga con sus respectivos diagramas.

a) Si $0 < z \leq a$.

En este caso, a partir de la ecuación

$$Q(z) = -\int P(z) \cdot dz = -\int 0 \cdot dz = -C_1 \qquad (3)$$

Y observando la figura 6, se deduce que para $z = 0$, $Q(0) = -\left(P - \frac{P \cdot a}{L}\right)$

Por lo tanto,

$$Q(0) = -C_1 = \frac{P \cdot a}{L} - P \;\rightarrow Q(z) = P - \frac{P \cdot a}{L} \qquad (4)$$

Para calcular la función que define al momento flexor integraremos la expresión (4). Entonces

$$M(z) = \int Q(z) \cdot dz = \int P - \frac{P \cdot a}{L}\, dz$$

De donde resulta

$$M(z) = P \cdot z - \frac{P \cdot a}{L} \cdot z + C_2 \qquad (5)$$

Para hallar la constante C_2 necesitaremos también una condición inicial. De la figura 5 se deduce que para $z = 0$, $M(z) = 0$. En consecuencia

$$M(0) = P \cdot 0 - \frac{P \cdot a}{L} \cdot 0 + C_2 = 0 \;\rightarrow\; C_2 = 0$$

Por lo tanto,

$$M(z) = P \cdot z - \frac{P \cdot a}{L} \cdot z \qquad Si\;\; 0 < z \leq a \qquad (6)$$

b) Si $a < z \leq L$.

A partir de la ecuación

$$Q(z) = -\int P(z) \cdot dz = -\int 0 \cdot dz = -C_3 \qquad (7)$$

Se podrá determinar la constante C_3 recurriendo nuevamente a la figura 6.

De ella se deduce que para $z = L,\ Q(L) = \frac{P \cdot a}{L}$. En consecuencia

$$Q(L) = -C_3 = \frac{P \cdot a}{L} \quad \rightarrow \quad Q(z) = -\frac{P \cdot a}{L} \qquad (8)$$

Ahora bien, para determinar la función que defina al momento integraremos la ecuación (8), pero necesitaremos además una condición inicial. Nuevamente, de la figura 6, se deduce que para $z = L,\ M(L) = 0$.

Por lo tanto

$$M(z) = \int Q(z) \cdot dz = \int -\frac{P \cdot a}{L}\, dz$$

De aquí resulta

$$M(z) = -\frac{P \cdot a}{L} \cdot z + C_4$$

En consecuencia

$$M(L) = -\frac{P \cdot a}{L} \cdot L + C_4 = 0 \quad \rightarrow \quad C_4 = P \cdot a$$

Así,

$$M(z) = P \cdot a - \frac{P \cdot a}{L} \cdot z \qquad Si\ \ a < z \leq L \qquad (9)$$

2.2. Segundo Caso: Se tiene sólo una fuerza actuante: la carga distribuida, para *0 < z≤ L*

El siguiente gráfico ilustra esta situación:

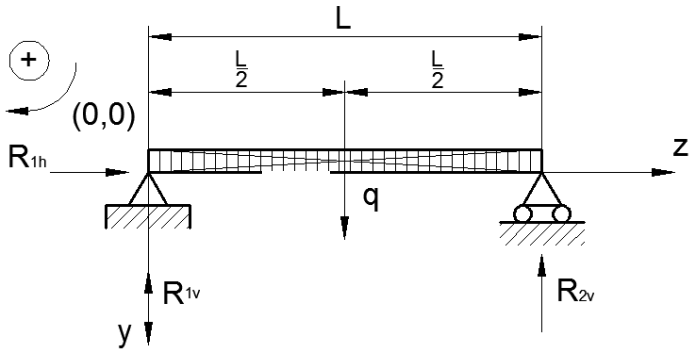


Figura 7 *Viga con las reacciones en sus apoyos.*

Siguiendo la misma metodología que para el primer caso, hallaremos la expresión de la función que determina la curva del momento. De este modo,

$$M(z) = -\frac{q \cdot z^2}{2} + \frac{q \cdot L}{2} \cdot z \qquad \forall\, z \qquad (10)$$

De la figura 7 se obtuvo que la función que define al momento flexor está determinada por:

$$\begin{cases} M(z) = P \cdot z - \dfrac{P \cdot a}{L} \cdot z & Si\ \ 0 < z \leq a \\ M(z) = P \cdot a - \dfrac{P \cdot a}{L} \cdot z & Si\ \ a < z \leq L \end{cases}$$

Luego, aplicando el Método de Superposición, es decir, sumando (6) con (10) para el primer tramo y

(9) con (10) para el segundo tramo se obtiene:

$$\begin{cases} M_1(z) = P \cdot z - \dfrac{P \cdot a}{L} \cdot z + \dfrac{q \cdot L}{2} \cdot z - \dfrac{q \cdot z^2}{2} & Si\ \ 0 < z \leq a \\ M_2(z) = P \cdot a - \dfrac{P \cdot a}{L} \cdot z + \dfrac{q \cdot L}{2} \cdot z - \dfrac{q \cdot z^2}{2} & Si\ \ a < z \leq L \end{cases}$$

Por otro lado, remplazando en (1), para una viga simplemente apoyada se tiene:

$$\begin{cases} \dfrac{\frac{d^2 y_1}{dz^2}}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{dy_1}{dz}\right)^2\right]^3}} = -\left[\dfrac{P \cdot z - \frac{P \cdot a}{L} \cdot z + \frac{q \cdot L}{2} \cdot z - \frac{q \cdot z^2}{2}}{E \cdot J_{zz}}\right] & si\ \ 0 < z \leq a \\ \dfrac{\frac{d^2 y_2}{dz^2}}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{dy_2}{dz}\right)^2\right]^3}} = -\left[\dfrac{P \cdot a - \frac{P \cdot a}{L} \cdot z + \frac{q \cdot L}{2} \cdot z - \frac{q \cdot z^2}{2}}{E \cdot J_{zz}}\right] & si\ \ a < z \leq L \end{cases} \qquad (11)$$

2.2.1 Determinación de las condiciones iniciales para el sistema de ecuaciones diferenciales.

El sistema (11) es de orden dos y por esta razón necesitamos, para cada ecuación, dos condiciones iniciales. Veamos cómo hallarlas. Por un lado, la función de momento flector presenta una inflexión en el lugar exacto donde se aplica la carga "*P*". Como precisamos obtener continuidad en ambos tramos de la elástica, ambas expresiones de "*y*" deben ser iguales, ocurriendo lo mismo con sus derivadas en "*a*". Es decir,

$$\begin{cases} y_1(a) = y_2(a) \\ y_1'(a) = y_2'(a) \end{cases}$$

Por otro lado, se hace evidente que para una viga simplemente apoyada, dadas las condiciones de sustentación, para $z = 0$ y para $z = L$, la flecha es nula. Este hecho se plantea matemáticamente así:

$$\begin{cases} y_1(0) = 0 \\ y_2(L) = 0 \end{cases}$$

Al no existir solución analítica para el sistema (11), se buscó una solución numérica haciendo uso del software Wolfram Mathematica, el cual dispone de un comando que aplica el método de Runge – Kutta de orden 4.

2.3 Ensayo de una viga simplemente apoyada.

Para corroborar los resultados teóricos obtenidos, se ensayó con una viga simplemente apoyada y sometida a una fuerza puntual, situada a la mitad de su longitud. Se utilizó un perfil doble "T" del 8 de un metro de longitud. El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayos de la Facultad de Ingeniería, empleando la máquina de ensayo universal. Dicha máquina posee una impresora que registra las tensiones y deformaciones obtenidas punto a punto. Para representar a la fuerza puntual se utilizó un punzón de plegado, con el fin de transmitir una fuerza puntual hacia el centro de la viga.

Figura 8 *Máquina de ensayo universal con punzón.*

La viga descansa sobre dos apoyos, de manera tal que simula la condición de sustentación de una viga simplemente apoyada. Los dos apoyos a su vez están afirmados sobre la base inferior de la máquina de ensayo universal y la fuerza es transmitida desde el cabezal superior hacia la viga a través del punzón. El largo final de la viga es de 90,5 cm.
Cabe destacar que la ecuación diferencial de la curva elástica sólo contempla deformaciones elásticas, es decir, aquéllas en las que, luego de retirar las solicitaciones externas, la viga recupera su dimensión y forma inicial. Por esta razón se aplicará una fuerza máxima de 200 Kgf que generará este tipo de deformaciones.
Para llevar a cabo la medición de la deformación elástica, se utilizó un comparador marca: Baty con una apreciación de 0,001 mm.A fin de medir la flecha de la viga, se ha sujetado el comparador debajo de la misma como se ilustra en la siguiente figura:

Figura 9: *Comparador de medición de la flecha.*

Una vez finalizada la puesta a punto de la máquina de ensayo universal se realizaron dos mediciones: primeramente se aplicaron dos cargas en forma consecutiva y se obtuvieron los siguientes resultados:

Carga aplicada [Kgf]	Lectura del comparador [mm]
100 Kgf	0,3 mm
200 Kgf	0,55 mm

Luego se aplicó una sola carga en forma consecutiva y se observó el siguiente resultado:

Carga aplicada [Kgf]	Lectura del comparador [mm]
200 Kgf	0,6 mm

2.3.1 Comparación contra un modelo simplificado.

Del estudio de la ecuación diferencial de la elástica simplificada para una viga simplemente apoyada y con una carga puntual en el medio de su luz, se obtiene que la flecha máxima es:

$$f_{máx} = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot J_{zz}} = \frac{200\ Kgf \cdot (90{,}5\ cm)^3}{48\ 2100000\ \frac{Kgf}{cm^2} \cdot 77{,}8\ cm^4} = 0{,}0189\ cm = 0{,}189\ mm \qquad (12)$$

De la figura 10 se observa que la flecha máxima se produce en la mitad de la luz de la viga y que su valor exacto es 0,018903 cm.

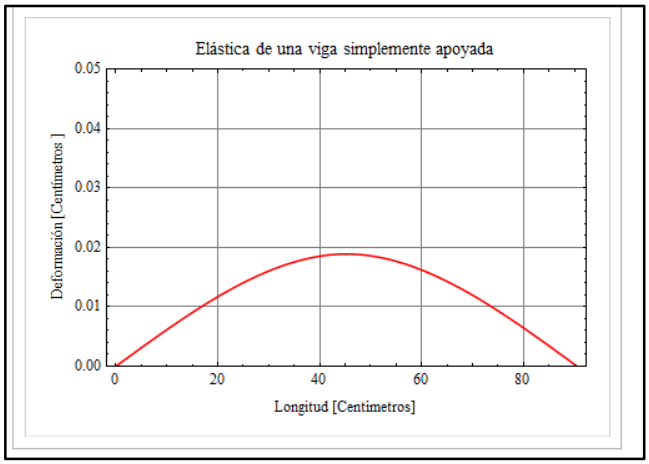


Figura 10 *Simulación en el plano de la elástica de una viga*

También se deduce que para flechas muy pequeñas, como la del presente caso, el estudio de la ecuación diferencial de la elástica coincide con el de la ecuación de la elástica simplificada (12).

2.4 Simulación de una viga simplemente apoyada.

La simulación fue elaborada con el Software Wolfram Mathematica 8.0.4 para un perfil doble "T", a igualdad de condiciones que las del laboratorio. Se utilizaron los siguientes controladores: Carga puntual: con valores entre 0 y 500 Kgf. Carga distribuida: con valores entre 0 y 500 Kgf. Posición de la carga: entre 0.001 y 89.9 cm.

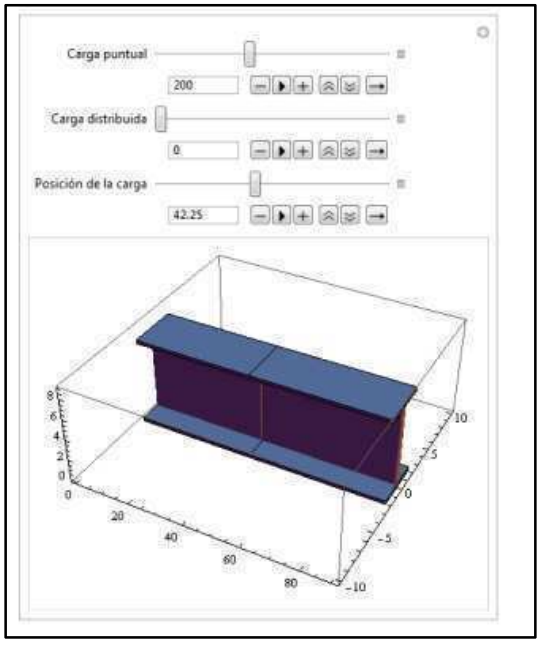


Figura 11 *Simulación en el espacio del perfil*

Debido a las imperfecciones del instrumento de medición, se registró una diferencia de alrededor de 4 décimas de milímetro entre el estudio teórico y la correspondiente simulación.

3. ESTUDIO DE UNA VIGA EMPOTRADA

Consideremos una viga que consta de un empotramiento, tal como se muestra en la siguiente figura:

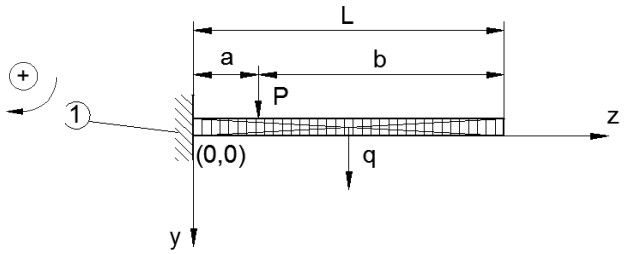


Figura 12 *Viga con una carga distribuida y una carga puntual móvil.*
Referencias: 1: Empotramiento. 2: Apoyo móvil. (0,0): Origen de coordenadas. P: Carga puntual móvil. q: Carga distribuida. L: Longitud de la viga. a: Distancia desde el origen de coordenadas hasta P. b: Distancia desde P hasta el extremo derecho de la viga.

Nuevamente, para analizar esta situación, consideraremos los siguientes casos:

3.1. Primer Caso: Se tiene sólo una fuerza actuante: la carga puntual P, para $0 < z \leq a$.

Primeramente calcularemos las resultantes de cada uno de los apoyos, planteando las tres ecuaciones de la estática, según se muestra en el siguiente diagrama:

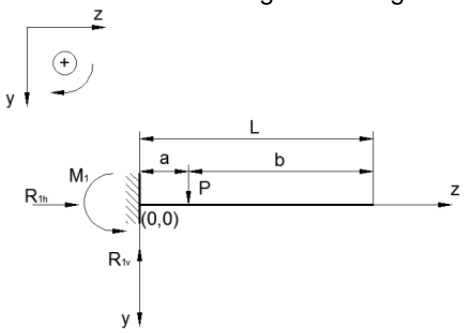


Figura 13 *Viga con las reacciones en su empotramiento.*

Operando de manera similar a la efectuada el inciso 2.2, se obtiene la siguiente función momento flexor:

$$\begin{cases} M(z) = P \cdot z - P \cdot a & Si \;\; 0 < z \leq a \\ M(z) = 0 & Si \;\; a < z \leq L \end{cases}$$

3.2. Segundo Caso: Se tiene sólo una fuerza actuante: la carga distribuida, para $0 < z \leq a$.

El diagrama correspondiente se muestra a continuación:

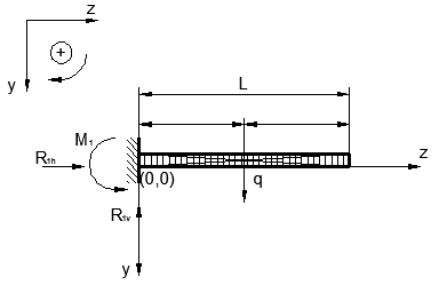


Figura 14 *Viga con las reacciones en sus apoyos.*

Operando se obtiene,

$$M(z) = -\frac{q \cdot z^2}{2} + q \cdot L \cdot z - \frac{q \cdot L^2}{2} \qquad (13)$$

Esta ecuación, como ya se mencionó, es válida para $0 < z \leq L$. Luego, aplicando el Método de Superposición, es decir, sumando las ecuaciones para la carga distribuida y las corrspondientes a la carga puntual se obtiene:

$$\begin{cases} M_3(z) = P \cdot z - P \cdot a - \frac{q \cdot z^2}{2} + q \cdot L \cdot z - \frac{q \cdot L^2}{2} & Si \;\; 0 < z \leq a \\ M_4(z) = -\frac{q \cdot z^2}{2} + q \cdot L \cdot z - \frac{q \cdot L^2}{2} & Si \;\; a < z \leq L \end{cases}$$

Reemplazando las funciones de los momentos flexores correspondientes a cada tramo, resulta el sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{cases} \dfrac{\frac{d^2y_3}{dz^2}}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{dy_3}{dz}\right)^2\right]^3}} = -\left[\dfrac{P \cdot z - P \cdot a - \frac{q \cdot z^2}{2} + q \cdot L \cdot z - \frac{q \cdot L^2}{2}}{E \cdot J_{zz}}\right] & si \;\; 0 < z \leq a \\ \dfrac{\frac{d^2y_4}{dz^2}}{\sqrt{\left[1+\left(\frac{dy_4}{dz}\right)^2\right]^3}} = -\left[\dfrac{-\frac{q \cdot z^2}{2} + q \cdot L \cdot z - \frac{q \cdot L^2}{2}}{E \cdot J_{zz}}\right] & si \;\; a < z \leq L \end{cases} \qquad (14)$$

3.1.1 Determinación de las condiciones iniciales para el sistema de ecuaciones diferenciales.

El sistema anterior es de orden dos y por esta razón necesitare mos, para cada ecuación, dos condiciones iniciales. Para hallarlas, observemos que la función de momento flector presenta una inflexión en el lugar exacto donde se aplica la carga "*P*". Como precisamos obtener continuidad en ambos tramos de la elástica, ambas expresiones de "y" deben ser iguales, ocurriendo lo mismo con sus derivadas en "*a*". De ello se deduce

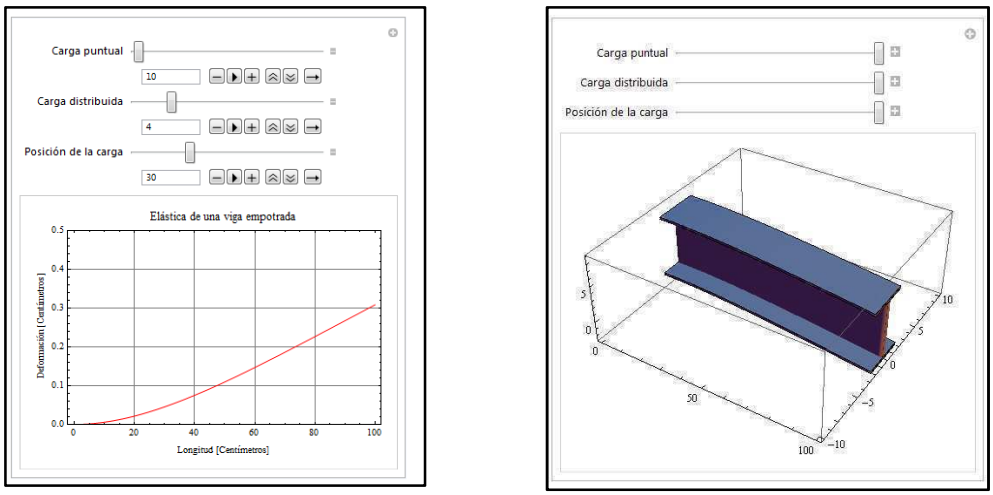
$$\begin{cases} y_3(a) = y_4(a) \\ y_3'(a) = y_4'(a) \end{cases}$$

Por otro lado, resulta evidente que para una viga empotrada, dadas las condiciones de sustentación, para $z = 0$ la flecha es nula, es decir:

$$\begin{cases} y_3(0) = 0 \\ y_3'(0) = 0 \end{cases}$$

3.3 Simulación de una viga empotrada.

La misma se ejecutó mediante el Software Wolfram Mathematica 8.0.4 para un perfil doble "T", con la sustentación de empotramiento. Con la simulación en el plano, es posible medir la longitud de la flecha. Se utilizaron los siguientes controladores:
Carga puntual: con valores entre 0 y 500 Kgf. Carga distribuida: con valores entre 0 y 20 Kgf. Posición de la carga: entre 0.001 y 99.9 cm.



a) b)

Figura 16 *a) Simulación en el plano de la elástica de una viga empotrada b) Simulación en el espacio del perfil.*

4. CONCLUSIONES

Las experiencias educativas llevadas a cabo en el Laboratorio de Ensayos de la Facultad de Ingeniería, en conjunto con las cátedras de Matemática, Informática y asignaturas del Ciclo Superior de la carrera de Ingeniería Mecánica, fueron muy alentadoras Los estudiantes que participaron en este trabajo adquirieron la destreza de integrar los conocimientos teóricos con la práctica de laboratorio y con el proceso de simulación de un fenómeno de la vida real. En particular, pudieron comprobar que una viga simplemente apoyada se ve favorecida por la sustentación, logrando que la longitud de la flecha no sea de gran tamaño. En cambio, para una viga empotrada, la flecha en el extremo opuesto resulta desfavorecida en comparación con la sustentación de simple apoyo.
Por otro lado, el uso de las simulaciones constituye un valioso aporte para el proceso de enseñanza y aprendizaje en las carreras de Ingeniería. En este sentido se destacan las siguientes conclusiones:

- Las simulaciones permiten analizar, a un bajo costo, el efecto producido por cambios internos y externos al sistema, como así también predecir el comportamiento del mismo.
- Una observación detallada del fenómeno que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema asociado y, por consiguiente, a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del mismo.
- La técnica de simulación puede ser utilizada para experimentar nuevas situaciones, sobre las cuales se tiene poca o ninguna información. De este modo, el estudiante se ve motivado a crear sus propios modelos matemáticos y a determinar si se ajustan o no a la realidad.

Los resultados positivos logrados por los estudiantes a través de esta experiencia han motivado al grupo docente a implementar esta metodología en asignaturas como Práctica Profesional Supervisada.

5. REFERENCIAS

[1] Abdel Masih, Samira. (2007). Aplicaciones del Mathematica a ecuaciones diferenciales, series y transformadas de Laplace. Buenos Aires. (primera edición). Univ. Nac. de Lomas de Zamora.

[2] Mott, Robert L. (2009). Resistencia de materiales. (quinta edición). Pearson Prentice-Hall.

[3] Timoshenko, Stephen. Gere, James M. (2002). Mecánica de materiales.(quinta edición). Paraninfo.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012
UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES
FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

INFLUENCIA DE LOS OBJETIVOS DE ENSEÑANZA EN TECNOLOGIAS APLICADAS

*Belliardo Pedro Wenceslao, Schpetter Nicolás, Zanardi Alberto, de Vedia Carlos, Azcona Pablo, Fruccio Walter

Universidad Nacional de La Pampa, Faculta de Ingeniería.
Calle 110 Nº 390 – General Pico. La Pampa
belliardo@ing.unlpam.edu.ar
nicolas_schp@hotmail.com
zanardi@ing.unlpam.edu.ar
devediac@ing.unlpam.edu.ar
azcona@ing.unlpam.edu.ar
w_fruccio@hotmail.com

RESUMEN

Se pretende transmitir la experiencia que se obtuvo, cuando al incorporarse la Metodología Basada en Proyectos para el dictado de la Cátedra de Instalaciones Industriales de la carrera Ingeniería Electromecánica se cambiaron los objetivos con el fin de subir la calidad educativa por medio de una optimización de los recursos.
El sistema consistía en analizar detalladamente el material teórico de los diferentes componentes de una instalación, sin profundizar demasiado sus usos y aplicaciones dentro del conjunto, por lo que el alumno nunca terminaba de concebir la instalación industrial como un todo, sino que solo adquiría conocimientos de partes en forma individual; Actualmente, no solo se estudian los componentes, sino que también se trata de encontrar la función que cumplen dentro del conjunto y luego todo el sistema se corrobora mediante el desarrollo de proyectos reales. Se comenzó a darle importancia al diseño, dimensionamiento y cálculo de la instalación en general, visualizándolo como un ejercicio real, de manera tal de habilitar al graduado de la carrera de ingeniería a ubicarse en las posiciones iniciales del sistema productivo. Se pretende lograr un perfecto complemento entre el estudio teórico y el desarrollo práctico, en un área muy demandada por el medio, como lo es (entre otras) el transporte por tubería de fluidos compresibles, incompresibles y materiales pulverulentos.
Los resultados que se obtuvieron ante dicho cambio fueron inmediatos y se pueden resumir en dos mejoras: las evaluaciones realizadas hacia la cátedra por parte de los alumnos mejoraron en el orden del noventa por ciento, y los trabajos finales obligatorios para la culminación de la carrera, actualmente son en su mayoría orientados o con un fuerte contenido del área Instalaciones Industriales, cuando en el pasado solo se contaba con trabajos direccionados a otras áreas, fundamentalmente la eléctrica.

Palabras Claves: enseñanza – ingeniería – proyecto - objetivos

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad transmitir la experiencia obtenida al incorporarse modificaciones en la metodología de enseñanza de la cátedra Instalaciones Industriales, de la carrera Ingeniería Electromecánica/Industrial de la Facultad de Ingeniería de la UNLPam.
Dichas modificaciones, implementadas a partir del año 2006, surgieron producto del cambio de algunos objetivos, pensados con el fin de mejorar la calidad educativa por medio de la optimización de los recursos y considerando que la función principal de una Facultad de Ingeniería es formar profesionales que se encuentren capacitados para ingresar al sistema productivo en posiciones de iniciación, en las dos áreas que son competencia de los ingenieros de grado: producción de bienes y/o servicios. (1)
La metodología anterior, en forma resumida, consistía en el dictado de:
1.- "Clases Magistrales" (aquellas en que el profesor habla sin interrupciones en forma parecida a lo que sería una conferencia) y "Clases Magistrales Activas" (aquellas en que interroga, es preguntado o dialoga con los alumnos, los hace mínimamente participar durante la exposición que efectúa).
En todos los casos con contenidos específicos de diferentes componentes de la instalación, sin profundizar en usos, aplicaciones y funciones dentro de la instalación en su conjunto.
2.- "Clases Prácticas" (aquellas en que los alumnos resuelven situaciones problemáticas acotadas).
3.- "Evaluaciones" (exámenes escritos, compuestos por preguntas teóricas y problemas)
En una clase magistral (de buen nivel) el alumno presta atención, toma apuntes, sigue con detenimiento lo que expone el profesor, pero su actitud intelectual es casi enteramente pasiva, solamente receptora y no creadora porque falta, en gran medida, la actividad de aprendizaje.
En estudios realizados se ha comprobado que la retención del conocimiento adquirido después de 24 horas en un estudiante es de 5% para clases magistrales, 50% para discusión en grupo, 75% para experiencias prácticas y 90% por enseñar a otros. (2)
Dígame y olvido, muéstreme y recuerdo, involúcreme y comprendo. (3)
En función de lo mencionado, la principal modificación implementada fue la de generar las condiciones necesarias para ubicar al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje.

1.1. Objetivos seleccionados.

- Aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de forma sistemática y eficiente, para alcanzar soluciones factibles.
- Desarrollar la destreza necesaria en la búsqueda, selección, análisis y evaluación de la información.
- Tomar conciencia de la responsabilidad ligada al ejercicio profesional en proyectos de ingeniería.
- Desarrollar la capacidad para enfrentarse a situaciones que aparecerán en la vida real.
- Adquirir habilidades para el trabajo en grupo. Cooperación para lograr un objetivo único.
- Adquirir capacidad creativa e innovadora.
- Generar alternativas en el proceso de toma de decisiones.
- Analizar y evaluar las alternativas generadas.
- Argumentar y defender posicionamientos.
- Adquirir habilidades para la comunicación, argumentación y presentación de ideas y soluciones.
- Elaborar informes y documentación.
- Tomar decisiones mediante la utilización de todos los recursos disponibles.
- Manejar herramientas informáticas relacionadas con los proyectos.

Los contenidos mencionados son coherentes con el tipo de materia que estamos tratando, ya que Instalaciones Industriales pertenece al grupo "Tecnologías Aplicadas" y por ende, gran parte de las competencias deben referirse más a habilidades prácticas del desempeño que a conocimientos o contenidos teóricos, que por otra parte en su gran mayoría ya fueron adquiridos.(4)

2. METODOLOGIA

La metodología de enseñanza incorporada es un acercamiento o adaptación de la Metodología Basada en Proyectos (MBPr), que tal lo mencionado anteriormente, cumple con la condición principal que generó el cambio: "ubicar al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje".
Entendimos que desde el punto de vista de la teoría del aprendizaje, el método propuesto cumplía con las condiciones necesarias de ser un proceso interactivo entre "el aprendizaje y el mundo laboral" y "entre el individuo y el grupo de trabajo".
El MBPr se ha convertido en un modelo pedagógico favorable para la enseñanza en los programas de ingeniería, en el cual los estudiantes trabajan en grupos para solucionar problemas abiertos. La estrategia pedagógica se complementa con proyectos industriales en las aulas para ofrecer una experiencia tan auténtica como sea posible. (5)
El contenido del curso es integrado, introduciendo el estudio de proyectos previamente seleccionados, de tal forma que se los interrelacione con los contenidos de varias materias (Instalaciones Industriales posee una fuerte articulación tanto horizontal como vertical con gran cantidad de materias) y que permitan establecer situaciones en donde los estudiantes vayan desde la presentación de problemas complejos de la vida real, hasta la comprensión y manejo adecuado de definiciones y conceptos.
El rol de los profesores sufrió cambios para satisfacer los requerimientos surgidos del sistema pedagógico propuesto. Estos requerimientos implicaron cambios en la metodología de la enseñanza y, en nuestro caso, también se requirió de un periodo de entrenamiento y adaptación a los aspectos básicos de la enseñanza orientada al proyecto. Se debió adoptar un nuevo papel y convertirse en facilitadores, dejando que los estudiantes adquieran autonomía y responsabilidad en su aprendizaje. (6)

2.1. Aplicación

- Informar a los alumnos sobre las características del curso.
- Informar las fechas de evaluaciones parciales, y sus características.
- Formar grupos de entre 3 y 5 alumnos. El armado de los grupos lo realizan los propios alumnos.
- Comunicar los proyectos a realizar.
- Dictar las clases teórico/prácticas, con los conocimientos básicos necesarios para el desarrollo de todos y cada uno de los temas que contiene la asignatura.
- Realizar una explicación teórica del proyecto en tratamiento.
- Realizar el seguimiento/orientación.

Esta asignatura es fundamentalmente práctica, pero cada bloque viene precedido de una clase teórica sobre los conocimientos básicos necesarios para el desarrollo de todos y cada uno de los temas que contiene el trabajo, sin ocuparnos de toda la explicación teórica y las demostraciones que se habrán desarrollado en la asignatura convencional correspondiente. En la mayoría de las ocasiones se trata simplemente de refrescar conocimientos ya adquiridos por el alumno y simplemente centramos en la aplicación práctica de esos conocimientos a una realidad. Para esto, nos apoyamos en la experiencia que nos han dado los años de trabajo fuera del ámbito universitario.

2.2. Evaluación.

El proceso de evaluación se realiza por grupo, pero en forma individual sobre el proyecto desarrollado, al cual pueden consultar, debiendo justificar lo realizado, es decir realiza una defensa de su trabajo.
Dicho trabajo, fue entregado con anticipación a los docentes para su revisión.
La evaluación se realiza en dos etapas parciales, en fechas conocidas desde el comienzo del curso.
El resultado de la evaluación puede ser: Ausente, no regularizado, regularizado, promocionado, de acuerdo a condiciones fijadas institucionalmente.

3. RESULTADOS

3.1 Encuestas a alumnos:

Nuestra facultad cuenta institucionalmente con un sistema de encuestas, donde el alumno emite en forma anónima su opinión respecto al grado de satisfacción de varios ítems, que se detallan a continuación:

- Obligaciones docentes
- Metodología de Enseñanza
- Evaluación
- Recursos materiales y bibliográficos
- Actitud del profesor
- Actitud del alumno
- Satisfacción del estudiante

En este último ítem se pregunta:

¿En qué medida esta Ud. Satisfecho con el desarrollo de la materia?

Y se evalúa con las siguientes repuestas:

Muy Insatisfecho – Poco Satisfecho – Satisfecho – Muy Satisfecho

Puede también agregar un comentario escrito

3.1.1 Satisfacción con el desarrollo general:

Tabla 1 Medida de satisfacción con el desarrollo general de la materia

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Muy Insatisfecho	0,00	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Poco Satisfecho	60,00	16,67	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00
Satisfecho	40,00	55,56	44,44	50,00	28,57	33,33	28,57
Muy Satisfecho	0,00	27,78	44,44	33,33	71,43	66,67	71,43
No contesta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

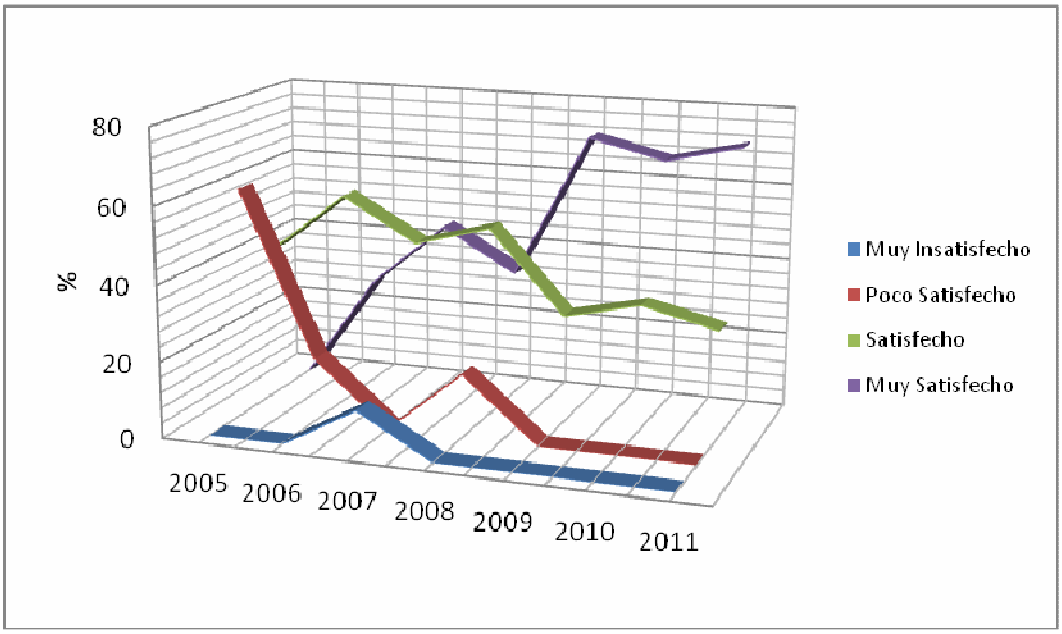


Fig. 1. Evolución del grado de satisfacción

A continuación y considerando que las repuestas Satisfecho y Muy Satisfecho cubren las expectativas del alumno, se agruparon para visualizar mejor los resultados:

Tabla 2 Medida de satisfacción agrupadas

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Muy Insatisfecho	0,00	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Poco satisfecho	60,00	16,67	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00
Satisf. / Muy Satisf.	40,00	83,34	88,88	83,33	100,00	100,00	100,00
No contesta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

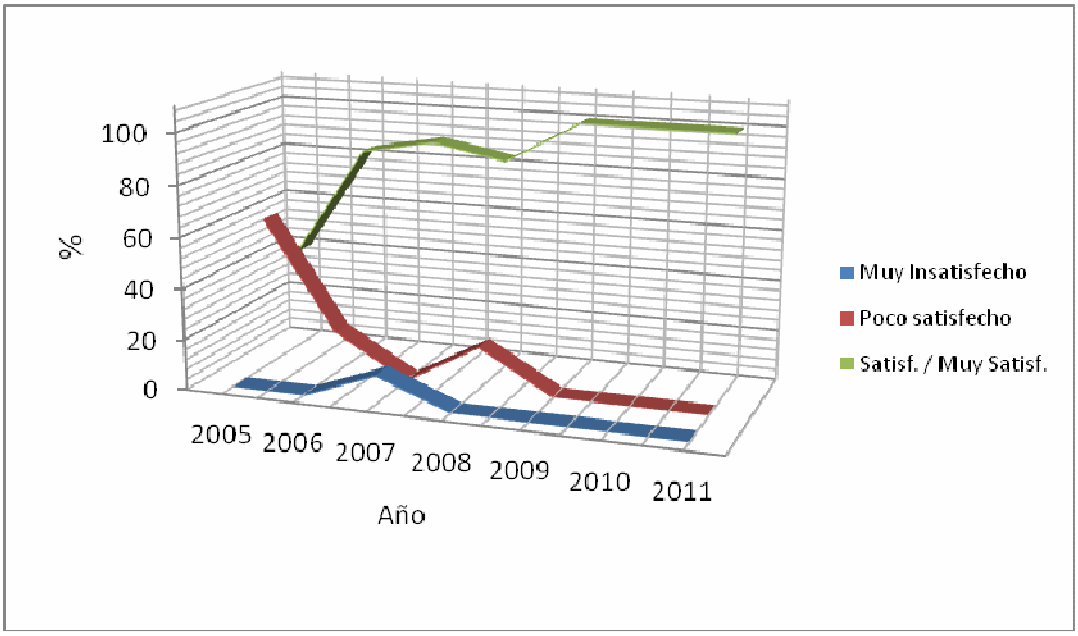


Fig. 2 Evolución del grado de satisfacción (agrupadas)

3.1.2 Comentarios incorporados en encuestas:

2005 - Se explican los temas con bastante claridad.
Esperaba más de esta materia siendo que es fundamental en ingeniería.
2006 - Se podrían generar instancias de mayor participación práctica.
Que los proyectos tengan mayor participación real.
La materia está bien dada y con temas útiles para el trabajo del ingeniero.
La materia podría darse con mayor profundidad.
2007 - Muy satisfecho con el dictado de la materia.
Los profesores deberían ser más prolijos en el uso del pizarrón.
2008 - Completaron encuesta sin emitir comentarios.
2009 - Completaron encuesta sin emitir comentarios.
2010 - Muy satisfecho porque es una materia que enseña herramientas relacionadas con la realidad.
Linda materia y está bien dada. Interesante manera de evaluación ya que el proyecto dura todo el cuatrimestre y es extenso.
2011 - La materia está muy bien dada y se recuperan muchos temas relacionados con la ingeniería.
Los profesores transmiten muy bien su experiencia como profesionales.

3.2. Trabajos finales obligatorios:

En la carrera de Ingeniería Electromecánica los alumnos deben realizar un proyecto final o una practica profesional supervisada en forma obligatoria.
El mencionado trabajo se realiza con tutores, el tema lo selecciona el alumno y es aprobado por una comisión evaluadora.

El alumno trabaja sobre el proyecto durante un plazo de aproximadamente 4 meses (con el acompañamiento del tutor), y cuando al trabajo se lo considera terminado, se solicita la mesa evaluadora, que esta integrada por tres miembros, seleccionados por la institución para tal fin.
Durante años los temas seleccionados por los alumnos tenían una tendencia marcada hacia áreas "no mecánicas".
En los últimos años hemos visto, una clara tendencia hacia el área mecánica, con eje en instalaciones industriales y aplicación clara de conceptos adquiridos en nuestra materia.
Es decir, muchos trabajos realizados tienen como eje de proyecto el desarrollo de instalaciones industriales de gas natural en baja, media y/o alta presión, de agua, aire comprimido, transporte de materiales pulverulentos, vapor, etc., como así también, la selección de medios de transporte, como componentes fundamentales en un proyecto integral que puede incluir instalaciones eléctricas y estudios económicos
Algunos de estos proyectos se han desarrollado para empresas pequeñas (Pymes) quienes han hecho uso total o parcial de los desarrollos logrados.
La facultad tiene archivados dichos proyectos, y de se pudo corroborar que en los últimos años los temas seleccionados por los alumnos tiene una clara tendencia mecánica, con fuerte contenido de instalaciones industriales.

Tabla 3: Evolución del contenido de los trabajos finales

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Mecánico (%)	19	15	17	32	56	52	47	51
Otros (%)	81	85	83	68	44	48	53	49

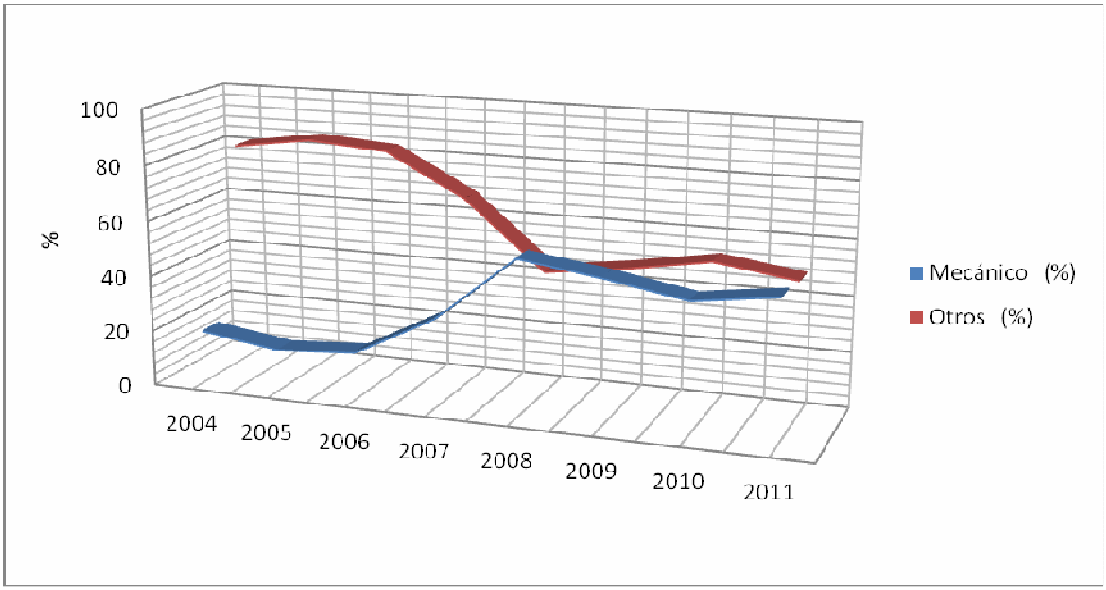


Fig. 3 Gráfica de la evolución del contenido de los trabajos.

4. CONCLUSIONES

La conclusión más relevante que se rescata es que el nivel de satisfacción de los estudiantes mejoró notablemente y si consideramos, que el nivel de satisfacción está íntimamente ligado al nivel de expectativas que tienen sobre los conocimientos a adquirir, podemos decir que el cambio metodológico resultó positivo.
Lo mencionado anteriormente, se verifica observando el crecimiento de la cantidad de Trabajos Finales Obligatorios que se orientaron o tienen un fuerte contenido de conocimientos adquiridos en la cátedra Instalaciones Industriales, cuando en el pasado se contaba con trabajos direccionados exclusivamente a otras áreas, fundamentalmente la eléctrica.

4.1. Otras conclusiones:

- Se consiguió uno de los principales objetivos formativos que se pretendía (visualizar cada problema en su conjunto, asimilarlo a un caso real y operar en consecuencia).
- Los alumnos consideran que es una materia demasiado "pesada", sobre todo, teniendo en cuenta que la asignatura es cuatrimestral pero, cuando comparan conocimientos a adquirir vs. esfuerzo necesario, se muestran dispuestos a realizar este último.
- Para la mayoría de los grupos lo más complicado, producto del tiempo que insume, es la confección de croquis/planos de las instalaciones.
- Los alumnos comprobaron la dificultad de otro de los objetivos, en este caso transversal, como es el trabajar en grupo y declararon que prefieren trabajar en equipo y que se generó sinergia en el grupo. Mencionaron que si bien no existieron grandes dificultades, las que existieron las resolvieron dentro del grupo. Las mayores dificultades que surgieron fueron: coordinación de horarios y distribución equitativa de las tareas.
- Es de destacar que en general, con la nueva metodología los alumnos mejoraron su desempeño medio.

5. REFERENCIAS

(1) M. A. Sobrevila. Documento de trabajo para aplicar en el estudio y discusión del Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías (CONFEDI) 2006
(2) Souza, 1995.
(3) Proverbio chino.
(4) "Interrelaciones horizontales y verticales entre espacios curriculares de las carreras de Ingeniería" Ing. R. C. Telleria, Ing. A. Zanardi, Arq. C. L. de Vedia. 2011. Caim 2010 San Juan
(5) Alptekin *et al.,* 2005.
(6) Johari & Bradshaw, 2008.
- Ajoyce, B y Weil, M (2002). Modelos de Enseñanza. Bs. As. Gedisa.
- Zanardi, A. F. (2011) Una mirada al ingreso, tránsito y egreso de la universidad – Factores de riesgo. Reunión FODAMI – Córdoba – Argentina.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

"Elaborar y aplicar estrategias ante el problema del ingreso, duración y egreso de los estudiantes de ingeniería".

Ing. Azcona Pablo, Arq. de Vedia, Carlos, Ing. Zanardi Alberto, Ing. Belliardo Pedro, Sr. Fruccio Walter, Sr. Schpetter Nicolas

Universidad Nacional de La Pampa – Facultad de Ingeniería
Calle 110 Nº 390 – General Pico. La Pampa
l3c@ing.unlpam.edu.ar

RESUMEN
En el marco del proyecto de investigación "Interrelaciones Horizontales y Verticales entre espacios curriculares de las carreras de ingeniería – INEC", surgieron situaciones que se denominaron "Factores de Riesgo", en las cuales se detectó en el colectivo estudiantil de las carreras de ingeniería un sub grupo, que esta en situación de "dilación de la carrera". El grupo de estudio se circunscribió a estudiantes que les faltaba un máximo de seis materias para graduarse y que hacía mas de tres años que no cursaban o rendían materias, no siendo regulares y considerados oficialmente "…como alumnos que abandonaron la carrera…", en síntesis ya fuera del sistema.
Ante una situación de casi-ingenieros que abandonaron, la pregunta para entender el problema, del ¿porque existe un abandono a las puertas de finalizar una carrera? Con el resultado de esta respuesta es posible elaborar acciones que permitan primero reencauzar este esfuerzo realizado a un final y lo mas importante detectar los motivos y causales que llevan a un estudiante avanzado a dejar su carrera, para corregirlo, si es posible antes que se produzca.
Ubicado el grupo "en dilación" que acepta reinsertarse, se analizarán los mecanismos actuales, como la designan tutores o responsables de interactuar con el estudiante para reencauzar su carrera. Si no son detectados los motivos del abandono del grupo "en dilación", no hay mecanismos que puedan evitar la repetición en el futuro.
La experiencia se realizó en la Facultad de Ingeniería de La UNLPam para la carrera de ingeniero electromecánico y de los resultados logrados ante situaciones similares que es posible disparar las correcciones y acciones necesarias

Palabras Claves: riesgo – "en dilación" – abandono

1. INTRODUCCIÓN:

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa, tiene cuatro especialidades de Ingeniería. Electromecánica, Electromecánica con Orientación en Automatización y Control, Industrial y en Sistemas, todas con una modalidad no común en nuestro medio. Después de cursar un espacio curricular, el alumno tiene solo un semestre para rendir la materia, en cuatro mesas de examen en dos turnos (febrero, Marzo y Julio y Agosto), si en estas fechas no aprueba, debe inevitablemente nuevamente cursar el espacio. Esta currícula esta dentro de un sistema de todas las materias con régimen cuatrimestral. Esta modalidad excluye al alumno que trabaja, ya que el régimen de estudio es muy exigente. La pérdida de la regularidad o la no aprobación obliga a cursar nuevamente el espacio, quedando sin poder cursara materias por un régimen de correlatividades muy exigente. Esta modalidad funciona desde hace más de veinticinco años y llevo paulatinamente el dictado de los distintos espacios durante horarios de mañana y tarde en todos los años. La modalidad tiene un enorme consenso ya que fue aprobado y ratificado por el Consejo Directivo de la facultad, incluso con el voto de los representantes alumnos. El sistema curricular de la especialidad en ingeniería Electromecánica con Orientación en Automatización y Control, tiene una situación todavía más compleja, la carrera exige que los estudiantes hagan pasantías de un cuatrimestre completo en el Instituto Balseiro de San Carlos de Bariloche en la Provincia de Río Negro, y otras pasantías en San Juan y en la ciudad de La Plata, aunque cave aclarar que la facultad les da alojamiento, comidas e incluso viáticos para poder solo estudiar, en cada lugar donde es obligatorio cursar algún espacio curricular. Es importante remarcar que todo el colectivo estudiantil tiene muy en claro que en todas las carreras a cursar, dependientemente de las especialidades no hay expectativas de trabajar hasta no obtener el titulo respectivo.

1.1. Detección del problema

El abandono de carreras como en todas las Facultades se produce entre primero y segundo año de la totalidad de las carreras, aproximadamente el 45 y el 55% dependiendo de los años y las especialidades. Este desgranamiento tiene múltiples factores y en general es común a todas las ingenierías del País. En nuestro caso la realidad de la exclusión laboral probablemente agrega un condicionante que incide en forma importante esa generalizada realidad. Ya en los años 90 y ante la posibilidad de resultados adversos en las pasantías en otras localidades, motivó a realizar reestructuraciones en los planes de estudio que permiten el paso de la especialidad de ingeniería Electromecánica con Orientación en Automatización y Control a el de Ingeniería Electromecánica con características clásicas de un generalista en electromecánica, salvando de esta manera el tener algún fracaso en una pasantía de las obligatorias. Esta modalidad llevó a un importante movimiento hacia Electromecánica, quedando únicamente un 20% de estudiantes que realiza las pasantías en otras provincias para la especialidad en Automatización y Control. En encuestas a estos alumnos, se detectó que el rechazo a ir al Instituto Balseiro, a pesar de su nivel y prestigio, esta motivado por los lazos que crea el alumnado que es mayoritariamente de otras localidades, aunque se reitera tiene todos los gastos cubiertos por el sistema. Este fue el primer indicio de deserción de alumnos avanzados.

Al realizar el análisis entre alumnos que pasaron a Electromecánica, no dan directamente la misma proporción de egresados. Un 10% de alumnos por año, dejaban de cursar, con la curiosidad de que solo el faltan alrededor del cinco (5) materias y el Trabajo Final Integrador, todas materias de cuarto y quinto año, que en el total de la carrera representan como máximo el 10,8% del total de la currícula de Ingeniería Electromecánica. Paulatinamente se produce una acumulación de estudiantes que habían abandonado. Se pudo contactar en números absolutos a veintiséis (26), alumnos en esa condición, que teniendo en cuenta una Facultad de pocos alumnos representa un número bastante significativo.

En el proyecto de Investigación “Interrelaciones Horizontales y Verticales entre espacios curriculares de las carreras de ingeniería – INEC”, estos estudiantes son denominados “en dilación”, que identifica a los de la carrera de Ingeniería Electromecánica que están por finalizar la misma y hace al menos tres (3) años lectivos que no son alumnos regulares (sin inscribirse en las materias que adeudan, debiendo aclarar que no existe la figura de alumno libre para ninguna carrera de la Facultad). (1)

1.2. Propuesta

Con el fin de solucionar este problema, se formó un grupo bajo la responsabilidad del Vicedecano, que comenzó a nivel muy voluntarista de detectar y seguir al alumnado que se considera “en

dilación". Se pudo hacer contacto directo y realizar entrevistas con dieciocho (18) estudiantes a los que se podía tener contacto personal habitual para poder comprender cada realidad y en lo posible motivarlos a que retomen sus estudios. Es importante recordar la consideración de voluntarista de toda la acción, ya que ningún integrante del grupo de detección recibió o recibirá tan siquiera un certificado sobre su actuación. Con respecto a un marco legal, paralelamente y por motivos de acreditación de carreras se aprobó en el Consejo Directivo la Resolución N° 27/10, que incluía un sistema para apoyar obligatoriamente con tutores académicos a lo alumnos antes de afrontar el Trabajo Final Integrador. Los docentes tutores reciben un certificado y los designados se plegaron inorgánicamente al grupo original, para realizar en realidad la tarea más ardua, hablar con cada estudiante e incentivarlos a cursar nuevamente las materias adeudadas.
Como resultado de su accionar el equipo de investigación del "INEC", reconstruyo, en base a entrevistas, el proceso y el desarrollo de estas reuniones personalizadas, algunos considerandos sobre el porque cada alumnos había quedado "en dilación".
En los dieciocho (18) casos contactados la razón predominante, es el haber conseguido trabajo con el rango de ingenieros, ya sea en relación de dependencia o como independientes. En esta situación recibían sueldo o retribuciones muy similares a los ingenieros graduados, se infiere que se pierde la necesidad del título, al menos en esta etapa de su vida. Con estas mínimas pautas y con la única cobertura parcial de la resolución del Consejo Directivo se comenzó a lograr que los alumnos "en dilación" cursaran y rindieran las materias adeudadas para poder realizar el Trabajo Final Integrador. Fig. 1

1.2.1 Desarrollo.

La reconstrucción de reuniones individuales entre docentes y alumnos "en dilación" reafirmó el voluntarismo, las charlas a nivel humano, muy personalizado y sin guía unificadora. Los problemas de estos casos reales, en los cuales los tutores y voluntarios no contaron con un marco unificador, la realizaron con su propia "praxis" que sin duda marco falencias, los llevó a que se reunieran para socializar y reconocer lo puntos comunes de sus casos, y sobre todos las razones que llevan a los alumnos a esta situación. Estas motivaciones siempre conducen a un dato concreto y verificable de la realidad, hoy es posible contar con trabajo de nivel ingeniería, sin el requerimiento de que la persona sea un real ingeniero titulado. Lamentablemente como no se llevaron registros que permitieran extraer los datos precisos, no fue posible encontrar situaciones comunes, que pueden agruparse en la reacción-acción del estudiante como persona y con la realidad del medio laboral actual.

1.3.1. Respecto al alumno en su faz personal

- La edad del alumnado "en dilación": Está entre los 24 y 31 años, y si bien son adultos, no suelen responder a pautas organizativas de un medio estructurado como una Facultad de Ingeniería. Y entrando en los campos de la sociología se considera que todavía esta en proceso de maduración como sujeto social. En el 95% de los casos no había entrado en el mundo del trabajo.
- El origen de cada alumno detectado: De la Ciudad de General Pico cuatro (4), de otras poblaciones de La Pampa cinco (5). De otras provincias linderas siete (7). Del resto del país dos (2). La totalidad había generado lazos de pareja o convivencia definitiva en la ciudad donde fue detectado.
- Por motivos meramente económicos (si no trabaja no puede continuar estudiando): Dos (2) manifestaron esta realidad, a pesar que la universidad tiene becas para muchos casos, existe comedor universitario y la Cooperadora de la Facultad de Ingeniería cuenta con viviendas exclusivamente para alumnos de la Facultad. La situación de lazos afectivos contradice esta manifestación-
- Motivos laborales en relación de dependencia: Siendo tentados a tener ingresos que a su edad se visualizan como muy importantes: Once (11) alumnos "en dilación" en empresas de la ciudad, la provincia y en provincias vecinas. La totalidad manifestó que la retribución recibida esta en el rango de bueno o muy bueno.
- Motivos laborales como emprendimientos personales: Se independizan en lo técnico sin tutelas u organizaciones rectoras y simultáneamente en lo económico ya que hay innumerables "nichos" tecnológicos, Tres (3) en la ciudad con un radio de acción en toda la provincia de La Pampa.(2)

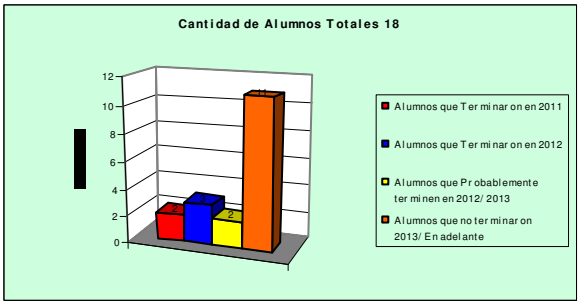


Fig. 1 Alumnos que dejaron de estar "en dilación"

1.3.2. Respecto al medio

- Existe una real necesidad de personal calificado en la rama de la ingeniería electromecánica en las industrias, esto lleva a las empresas a buscar alumnos de los últimos años directamente en la Facultad, con la oferta de cubrir cargos. Los estudiantes se estimulan con retribuciones importantes haciendo una contraprestación de técnicos superiores. Las empresas pagan menores haberes y como la situación es novedosa, nadie se plantea, en que condiciones en la competencia laboral estarán estos "no ingenieros" en el futuro mediato.
- Las posibilidades de realizar emprendimientos productivos o de servicio en forma personal o con asociaciones "de hecho", que permiten afrontar en forma independiente la situación económica y sobre todo el realizar los sueños tecnológicos que todo futuro ingeniero tiene.
- La no exigencia de realizar trabajos de ingeniería mecánica o eléctrica (parcial) sin necesidad de estar titulado. A ninguna empresa se le exige que su personal técnico tenga titulo de ingeniero y para los pocos casos que así se requiera, lo solucionan con ingenieros independientes que actúan en esos casos específicos, manteniendo "no ingenieros", por el momento, en cargos de responsabilidad tecnológica.

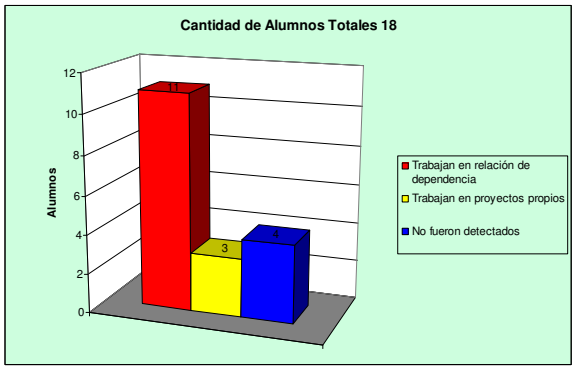


Figura.2 Motivaciones para estar en dilación

Una de las motivaciones que se consideran la causa principal, de quedar "en dilación" para un estudiante avanzado, son las personales. La independencia económica en trabajos que se relacionan con la tarea de un ingeniero, sobre todo la salida de un medio con base mas teórica o hipotética como es una facultad e ingresar a la realidad tecnológica, que si duda fue su motivación primigenia de estudio y elección de carrera. Se debe reiterar que solo se esta intentando intervenir en la deserción de los años superiores, el desgranamiento de primero y segundo año, tiene otras causales y si bien es motivo de análisis del proyecto "Interrelaciones Horizontales y Verticales entre espacios curriculares de las carreras de ingeniería – "INEC"- no es posible realizar inferencias o intentar la búsqueda de situaciones que estimamos nunca serán similares. Fig. 2

Del estudio medio laboral, es palpable que a las empresas tecnológicas le es sumamente productivo un estudiante avanzado con una importante impronta teórica-básica, que soluciona problemas con retribuciones menores que a un ingeniero. Y lo que es mas importante, por su edad e inexperiencia cuenta con una persona que entrega toda sus capacidades, con el agregado de al ser sus primera

experiencias laborales aporta tiempos y dedicaciones superiores a la media. Lo que no tienen en cuenta los estudiantes "en dilación" es el futuro como no titulados. No se pregunta cuanto y cuantas relaciones laborarles le otorgará en años venideros la continuidad de no ser ingeniero. Cuando quedarán fuera del mercado laboral por no completar su graduación. No consideran que no exista la figura de "casi ingeniero" aunque hoy aparentemente es lo mismo.
Con respecto a los emprendimientos independientes los factores de interés son los mismos en retribución, más la concreción de una idea o el encuentro de un nicho que probablemente significa el sueño de su vida. Aquí poco se puede hacer porque la evolución de un éxito significa ser empresario y la titulación de ingeniero solo significaría un logro personal que no modificaría la ecuación tecnológica y económica. Esto esta avalado en que los tres (2) alumnos que tienen emprendimiento, no intentaron retomar el cursado de las materias adeudadas.

2. CONCLUSIÓN

Debemos analizar la experiencia realizada en su faz positiva, del como se llegó a detectar un problema y la voluntad de intentar resolverlo. Teniendo en cuenta que hay alumnos "en dilación", que integraron la experiencia, y están todavía en proceso de rendir y realizar su Trabajo Final. Es posible afirmar que de la primera lista tentativa se titularía un 40%. No teniendo en cuenta los alumnos que tienen emprendimientos independientes del que son titulares y no cuenta con una motivación para recibirse, el porcentaje llegaría al 50%. Manifiestamente es un importante logro, teniendo en cuenta una experiencia empírica, bajo la responsabilidad de muy pocos docentes que aceptaron el desafío.
En su faz negativa la experiencia adolece de una cobertura administrativa y legal, cubriéndose únicamente los tutores académicos del Trabajo Fina Integrador. Tampoco existieron registros más completos sobre entrevistas, reuniones y toma de dediciones realizadas por los actores docentes.
Con el fin que esta experiencia pueda superar el ámbito donde se dio, y lo mas importante pueda ser replicada en Facultades con mayor cantidad de alumnos, instaladas en ciudades de mucha población, donde la acción individual y no orgánica se diluye o es prácticamente imposible de realizar. Es importante también volver a puntualizar para el caso analizado, la experiencia realizada no hubiera sido posible sin la participación desinteresada de docentes que utilizaron su tiempo para realizar tareas novedosas y fuera de su tarea habitual.
Como conclusión se puede afirmar que el problema existe y con posibilidades de continuar en el futuro, por lo tanto deberá ser una tarea que asuma la institución Facultad, dándose una organización que perdure mientras se detecte que el problema sigue existiendo. Los actores de la Institución deben tener una capacitación y una cobertura normativa que guíe el proceso y lo que es muy importante, se reconozca el esfuerzo como tarea de extensión universitaria.
Se pueden realizar las siguientes consideraciones-guías ante el problema del alumno "en dilación"

2.1 Propuestas a implementar

- Crear una normativa que de cobertura legal y académica al los alumnos "en dilación", siendo responsable la Institución Facultad de Ingeniería.
- Mantener un equipo permanente de docentes para incentivar al alumnado realizado talleres y foros donde se puntualice el "Casi ingeniero"
- Mantener un seguimiento de alumnos que ya están "en dilación"
- Programa de incentivos, con becas especiales y mesas o cursos paralelos que en el caso de planes de estudio muy estrictos se flexibilicen para poder reintegrar a los alumnos "en dilación".
- Interesar a las cámaras industriales para que no sean meros receptores de alumnos "en dilación".
- Estudiar el problema de la no obligatoriedad de contar con ingenieros titulados en las empresas del área metalmecánica.

3. REFERENCIAS

[1] "Interrelaciones Horizontales y Verticales entre espacios curriculares de las carreras de ingeniería – INEC" - Tellería, de Vedia, Zanardi, II Caim 2010, San Juan
[2] "Una mirada al ingreso, tránsito y egreso de la universidad – Factores de Riego" Ing. Zanardi Reunión Fodami, Córdoba

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS DE REATORES NUCLEARES UTILIZANDO LABVIEW

Pinto, Antônio Juscelino[(1)], Mesquita, Amir Zacarias[(1)], Lameiras, Fernando Soares[(1)],

[(1)] Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN).
Campus da UFMG – Pampulha, Belo Horizonte (MG), Brasil.
ajp@cdtn.br, amir@cdtn.br, fsl@cdtn.br,

RESUMO

A instrumentação dos reatores nucleares é projetada tendo como princípio a confiabilidade, a redundância e a diversificação dos sistemas de controle. O monitoramento confiável dos parâmetros envolvidos na reação em cadeia é de crucial importância no que diz respeito à eficiência e segurança operacional da instalação. Para um melhor conhecimento do comportamento dos parâmetros operacionais do reator nuclear de pesquisa TRIGA IPR-R1, encontra-se em desenvolvimento um sistema digital, utilizando o software LabVIEW® (*Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench*), para simulação de seus parâmetros operacionais. O programa irá simular toda sua faixa de operação, ou seja, de alguns mW até 250 kW. O TRIGA IPR-R1 é um reator nuclear de pesquisa posicionado em uma piscina aberta e refrigerado por circulação natural de água leve. Está localizado no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), em Belo Horizonte/Brasil. O sistema em desenvolvimento emprega o moderno conceito de instrumentos virtuais (VI's), utilizando microprocessadores e interface visual em monitores de vídeo. O sistema tem o objetivo de dotar o reator nuclear TRIGA IPR-R1 de um simulador de operação que utiliza instrumentos virtuais. O LabVIEW® quebra o paradigma da linguagem de programação baseada em texto, para uma programação baseada em ícones. O sistema irá viabilizar o emprego deste reator em treinamento e formação de pessoal na área nuclear, auxiliando no conhecimento de como as variáveis operacionais se comportam, principalmente aquelas relacionadas a neutrônica e a termohidráulica. O trabalho atende às recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), que tem incentivado seus membros a elaborarem planos estratégicos de utilização de seus reatores de pesquisa, além de recomendações quanto à modernização da instrumentação visando garantir a operação segura.

Palavras chave: Instrumentação, Reator nuclear de pesquisa TRIGA, LabVIEW®, Neutrônica, Simulação

1. INTRODUÇÃO

No reator TRIGA IPR-R1 as variáveis operacionais são mostradas por indicadores analógicos localizados na mesa de controle. Os operadores registram os mais importantes parâmetros da operação manualmente. A mesa de controle utiliza componentes eletrônicos discretos e a lógica de operação é realizada por relés eletromagnéticos. O CDTN pretende adotar em seus laboratórios as normas ISO, como por exemplo, a norma ISO/IEC 17025, [1] para mostrar confiabilidade nos resultados. De acordo com a norma ISO 9000, uma instituição deve atender a certos requisitos para ser certificada. Dentre esses, podem-se citar: medir e monitorar os processos para assegurar a qualidade do produto/serviço através de indicadores de performance e desvios; implementar e manter registros adequados e necessários para garantir a rastreabilidade do processo e realizar revisões sistemáticas dos processos e do sistema da qualidade para garantir sua eficácia.

Este artigo apresenta um sistema para simulação da operação do Reator TRIGA IPR-R1, auxiliando no conhecimento do comportamento das variáveis operacionais. A efetivação deste trabalho contribuirá para a utilização do IPR-R1 em pesquisa e treinamento, além de atender às recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), que tem incentivado seus membros a elaborarem planos estratégicos de utilização de seus reatores de pesquisa, além de recomendações quanto à modernização da instrumentação visando garantir a operação segura IAEA [2]

2. O REATOR NUCLEAR DE PESQUISA TRIGA IPR-R1

Os reatores TRIGA *(Training Research Isotope General Atomics)* são os reatores de pesquisa mais amplamente usados no mundo. Existem, atualmente, 65 reatores deste tipo em operação instalados em 25 países. A empresa General Atomics (GA) [3], fabricante dos reatores TRIGA,desde o final da década de 50, continua a projetar e instalar estes reatores. Eles são construídos em várias configurações e potências que vão de 100 kW a 16 MW.

O reator TRIGA IPR-R1, mostrado na Figura 1 é utilizado para análises químicas por ativação neutrônica e, em menor escala, para pesquisa e treinamento. Sua primeira criticalidade foi em 1960 com uma potência térmica máxima de 30 kW. Na década de 70 acrescentaram-se elementos combustíveis ao núcleo aumentando a potência para 100 kW, sendo essa a atual potência máxima licenciada. Em 2002, iniciaram-se pesquisas teóricas e experimentais para se conhecer seu comportamento neutrônico e possibilitar sua operação em 250 kW [4] [5]. Nessa data foram realizadas modificações no núcleo, acrescentaram-se novos elementos combustíveis, permitindo que a potência alcançasse níveis de 250 kW e iniciaram-se estudos para conhecer os mecanismos de transferência de calor, nesse nível de potência [6] [7].

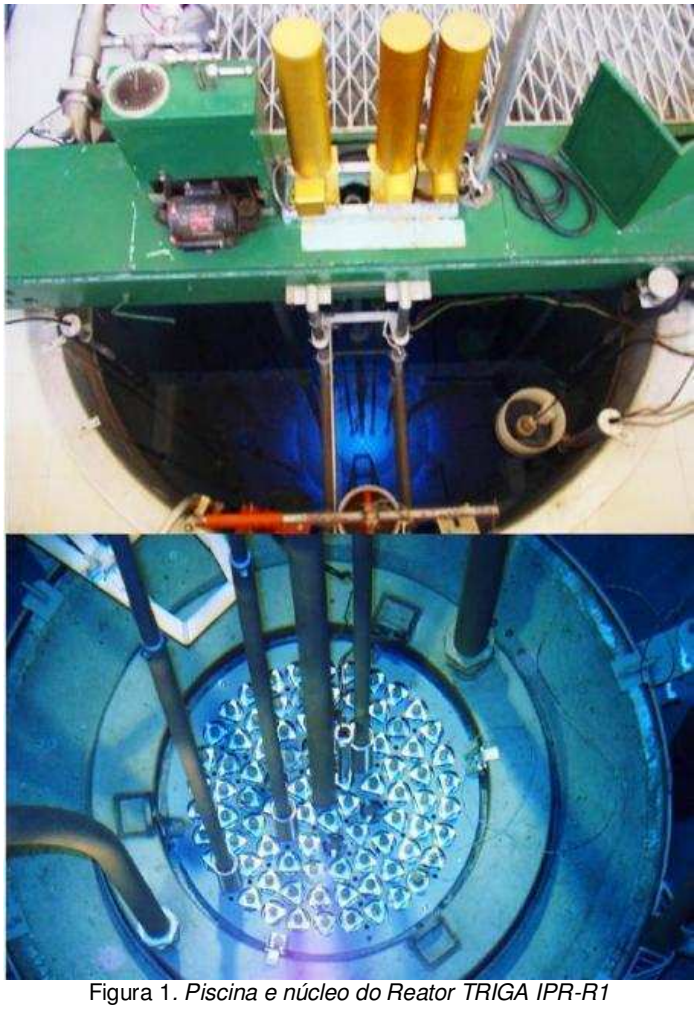


Figura 1. *Piscina e núcleo do Reator TRIGA IPR-R1*

Atualmente existem no núcleo do reator IPR-R1 63 elementos combustíveis cilíndricos. O combustível é uma liga de hidreto de zircônio (moderador de nêutrons) e urânio enriquecido a 20% em ^{235}U. A potência do reator é controlada por três barras independentes absorvedoras de nêutrons. Os dois canais principais de medidas de potência são o Canal Logarítmico e o Canal Linear, que são constituídos de câmaras de ionização sensíveis ao fluxo de nêutrons, instaladas ao redor do núcleo. Os dois canais são projetados de modo a acompanhar a evolução do fluxo de nêutrons, com a mesma precisão, desde alguns mW até a potência máxima de 250 kW. Foi desenvolvido por Mesquita [7] um sistema de aquisição de dados para subsidiar a realização dos experimentos de transferência de calor. Este sistema, devido ao grande avanço em eletrônica e em informática, já se encontra obsoleto e possui algumas limitações.

3. INSTRUMENTOS VIRTUAIS (VI)

O sistema proposto será desenvolvido utilizando o *software* LabVIEW® (*Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench*) [8]. Esse programa utiliza o moderno conceito de instrumentos virtuais (VI's), utilizando microprocessadores e interface visual em monitores de vídeo. Os ícones no LabVIEW® representam controles e funções disponíveis nos menus do *software*, chamado de programação visual. O LabVIEW® quebra o paradigma da linguagem de programação baseada em texto, para uma programação baseada em ícones. A interface do usuário consiste de duas partes, que são: o painel frontal e o diagrama de blocos, semelhante aos instrumentos tradicionais, que possuem um painel frontal e a placa de circuito impresso na qual reside o circuito eletrônico. No painel frontal do LabVIEW® podem-se criar os botões de controles,

chaves, *leds* indicadores e *displays* gráficos para apresentar os dados, enquanto que no diagrama de blocos se encontram os blocos que, adequadamente interligados, constituem o circuito eletrônico.

4. JUSTIFICATIVA

O sistema de controle e instrumentação do reator TRIGA IPR-R1 está defasado em relação a outros reatores de pesquisa e a Agência Internacional de Energia Atômica recomenda a atualização das salas de controle [9]. [10]. [11]. [12]. No IPR-R1 algumas variáveis de operação não são monitoradas, principalmente alguns parâmetros termohidráulicos importantes para operação a 250 kW. Os estudantes de graduação e pós-graduação e os operadores de reatores não encontram um sistema de controle no reator IPR-R1 do mesmo tipo dos adotados nas centrais nucleares ou mesmo na indústria. Os novos sistemas são baseados em microprocessadores e utilizam interfaces homem-máquina modernas e com recursos de usabilidade, típicos do estado da arte.

A instrumentação dos reatores nucleares é projetada tendo como princípio a confiabilidade, a redundância e a diversificação dos sistemas de controle. O monitoramento dos parâmetros é de crucial importância no que diz respeito à eficiência e segurança operacional da instalação. Desde a primeira criticalidade de um reator nuclear, alcançado por Fermi e colaboradores em 1942, tem havido a preocupação com o monitoramento confiável dos parâmetros envolvidos na reação em cadeia. O sistema de simulação aqui proposto, e em desenvolvimento, pretende proporcionar e facilitar o entendimento das variáveis operacionais, da evolução do fluxo de nêutrons e sua interação sobre os outros parâmetros neutrônicos como, por exemplo é mostrado, na Figura 2, a curva real que relaciona posição de barra de regulação com a reatividade inserida no núcleo e será validado experimentalmente no reator de pesquisa TRIGA IPR-R1. As inovações estudadas e desenvolvidas nos reatores de pesquisa são normalmente utilizadas nos reatores de potência, e os relativos baixos custos permitem aos reatores de pesquisa ser um excelente laboratório para desenvolvimento de técnicas para os futuros reatores de potência [13].

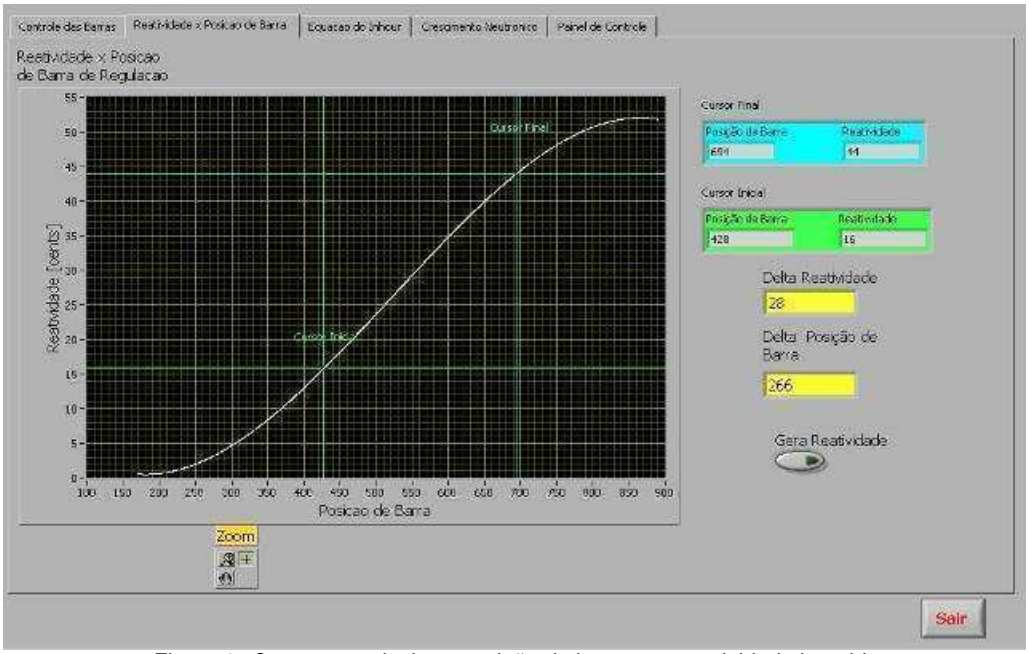


Figura 2. *Curva que relaciona posição de barra com reatividade inserida*

A operação dos reatores nucleares envolve, principalmente, a neutrônica (física de nêutrons) e termohidráulica (transferência de calor e fluidodinâmica). O comportamento dinâmico dos reatores está associado a uma importante propriedade conhecida como reatividade. Esta propriedade varia com a mudança da temperatura dos combustíveis [14].

A existência de um sistema passivo que indique que o reator está desligado é uma recomendação da IAEA [15] e uma exigência do setor de licenciamento da CNEN. Portanto, é previsto no Relatório de Análise de Segurança do IPR-R1 a existência de um sistema supervisório alimentado por "no-break" recebendo sinais de termopares localizados no interior do elemento combustível (sensores "self-powered"). Assim o desligamento do reator por falta de energia elétrica poderá ser comprovada pelo operador [16].

5. OBJETIVOS

O principal objetivo é dotar o reator nuclear de pesquisa TRIGA de um moderno e confiável sistema digital para simulação e estudo de seus parâmetros operacionais. Como objetivos específicos do trabalho podem-se citar:

- Desenvolvimento de um sistema e um programa para simulação do comportamento das variáveis operacionais do reator e suas incertezas de medição, cobrindo toda a sua faixa de operação (de 0 a 250 kW).
- Realização de experimentos de transferência de calor e de física de reatores para a validação do sistema simulador comparando com dados reais de operação.

6. METODOLOGIA

É descrito a seguir, de modo resumido, os princípios básicos e a instrumentação relacionada à operação dos reatores nucleares, que serão simulados pelo sistema a ser desenvolvido.

6.1. Cinética e controle de reatores nucleares

A importância da fissão nuclear, sob o ponto de vista de sua utilização na geração de energia, é devido a três fatores. Primeiro, o processo está associado à liberação de uma grande quantidade de energia por unidade de massa de combustível. Segundo, as reações de fissão, as quais são iniciadas por nêutrons, são acompanhadas pela liberação de uma média de 2,5 novos nêutrons (fissão do ^{235}U). Terceiro, o fato de alguns nêutrons gerados na fissão só surgirem com certo atraso depois da fissão, fazendo com que a taxa de crescimento sofra uma grande redução, viabilizando o controle da reação. A combinação desses fatores possibilitou o projeto dos reatores nucleares, no qual a reação em cadeia sustentável ocorre com a contínua e controlada liberação de energia [17].

Para a fração de nêutrons atrasados é utilizado o símbolo β e para quantidade efetiva da fração de nêutrons atrasados é utilizado o símbolo β_{eff}. O valor do β_{eff} para um dado reator varia com a energia média dos nêutrons que produzem fissão. Para o reator TRIGA IPR-R1 o β_{eff} é de 0,0079. A reação em cadeia pode ser descrita quantitativamente em termos do fator de multiplicação k, que é definido como a razão do número de fissões de uma geração dividido pelo número de fissões de geração precedente.

O propósito básico para o sistema de controle do reator nuclear é fornecer meios de dar a partida do reator, elevar a potência até um determinado nível, manter este nível e desligá-lo no âmbito das operações de rotina. Nas condições normais de trabalho o núcleo opera muito perto da criticalidade ($k \approx 1{,}0$). Pequenos desvios de k acima ou abaixo de 1, resultarão em mudanças insignificantes na potência do reator. Na prática utiliza-se o termo reatividade (ρ) para indicar o quanto o reator está afastado da criticalidade ($k = 1$) ou, a medida, em fração do fator de multiplicação, do afastamento do sistema da posição de crítico. Este é o mais importante

parâmetro operacional de um reator nuclear. A expressão que relaciona a reatividade (ρ) com o acréscimo fator de multiplicação (δk) que é dada pela Eq. (1) [18].

$$\rho = \frac{\delta k}{1+\delta k} \qquad \rho = \frac{k-1}{k} \tag{1}$$

As operações normais de um reator envolvem pequenas mudanças de k (em torno de 1), por exemplo k = 1,003 significa um δk = 0,003. A partida rotineira do reator TRIGA IPR-R1 é realizada pela retirada total da Barra de Segurança, que fica disponível para o desligamento rápido do reator. Em seguida a Barra de Controle é erguida em pequenos passos e, posteriormente, faz-se o mesmo com a Barra de Regulação. A cada passo (δk) no movimento das barras de controle é seguido pelo crescimento neutrônico. Define-se como período (T) o tempo em [s] para que este crescimento mude por um fator igual ao número "e" (2,718...). A partir da definição do período encontra-se a expressão para o crescimento neutrônico, que é diretamente proporcional à potência do reator, dada pela Eq. (2), [19].

$$N(t) = N0\ e^{t/T} \tag{2}$$

Onde:

N = fluxo de nêutrons em determinado momento.
N_o = fluxo de nêutrons inicial.
T = período do reator (s)
t = tempo (s).

A equação conhecida como a equação de inhour que relaciona a reatividade (ρ) e um período estável (T), com $k \approx 1$ é dada pela Eq. (3) [20].

$$\rho = \frac{\ell}{T(1+\delta\,\mathrm{k})} + \sum_{i=1}^{6} \frac{\beta_i}{1+\lambda_i T} \tag{3}$$

Onde:

- ℓ = tempo médio de vida do nêutron (*neutron generation time*) em (s), para o TRIGA IPR-R1 ≈ 100μs;
- T = período do reator (s);
- δk = acréscimo no fator de multiplicação;
- β_i = fração de nêutrons atrasados do grupo i;
- λ_i = constante de decaimento dos nêutrons atrasados do grupo i (s^{-1}).

6.2. Termohidráulica

O objetivo do projeto térmico e hidrodinâmico dos reatores é remover com segurança o calor gerado, sem produzir uma temperatura excessiva nos combustíveis. Sendo assim, códigos computacionais de segurança são desenvolvidos e empregados, e são validados por medidas experimentais. O estudo do comportamento térmico de reatores nucleares divide-se em duas áreas: a distribuição de temperatura dentro do combustível; e a distribuição no refrigerante. Conhecendo-se os parâmetros térmicos, as equações de transferência de calor são resolvidas para as duas áreas. Os reatores do tipo TRIGA são caracterizados pela sua segurança intrínseca devido, principalmente, a dois fatores relacionados à transferência de calor. São eles:

- ✓ O grande coeficiente negativo de temperatura/reatividade, isto é, um aumento da potência leva a um aumento da temperatura da mistura combustível-moderador, causando o aparecimento de uma reatividade negativa que amortece gradualmente a taxa de aumento de potência estabilizando-a.
- ✓ Um sistema passivo de remoção de calor do núcleo, podendo operar em potências de até 500 kW, em estado estacionário, com resfriamento apenas por circulação natural da água da piscina.

O regime de transferência de calor nos revestimentos dos elementos combustíveis é predominantemente monofásico nas operações com potências até 100 kW, com uma temperatura de cerca de 180^{o}C no centro do combustível. Operando na nova potência de 250 kW, o regime de transferência de calor, em todos os canais do núcleo, passa a ser de convecção nucleada subresfriada e a temperatura passa para cerca de 300^{o}C no centro do combustível, nas posições centrais do núcleo. As forças de circulação do refrigerante nos canais do núcleo são governadas pela diferença de densidades da água no fundo e no topo do núcleo. Quanto maior a potência, consequentemente a diferença de temperatura entre entrada e saída no canal, maior é a velocidade ascendente da água.

A monitoração da potência dos reatores nucleares é sempre feita por meio de detectores nucleares, os quais são calibrados por meios térmicos. A metodologia padrão para calibração da potência, desenvolvida [13] é baseada no balanço de energia em estado estacionário, dissipada no circuito primário de refrigeração mostrado na Figura 3. A potência térmica gerada pelo núcleo, assim como a temperatura dos combustíveis, são os dois principais parâmetros considerados como “Limites Operacionais” (*OLC - Operational Limits Conditions*) [15].

6.3. Instrumentação

Os parâmetros operacionais do reator IPR-R1, que estão sendo simulados, são provenientes de sua instrumentação de controle. Na Figura 3 tem-se o diagrama do circuito de refrigeração forçada com os locais de medidas dos parâmetros neutrônicos, de refrigeração e de radioproteção, conforme relação abaixo:

- ✓ Dispositivos de movimentação e de indicação da posição das barras de controle.
- ✓ Câmara de fissão do canal de partida (urânio-235) e instrumentação associada.
- ✓ Câmaras de ionização para monitoração do fluxo de nêutrons (potência), canais: Linear, Logarítimico e Percentual e monitoramento do "Período" e "Reatividade" (velocidade do afastamento da criticalidade).
- ✓ Sensores Geiger do nível de radiação em vários locais da instalação.
- ✓ Canais de medidas de temperatura com sinais provenientes de cinco termoresistores (PT-100).
- ✓ Medidor de vazão do primário, ou seja, de placa de orifício e transmisssor de pressão diferencial.

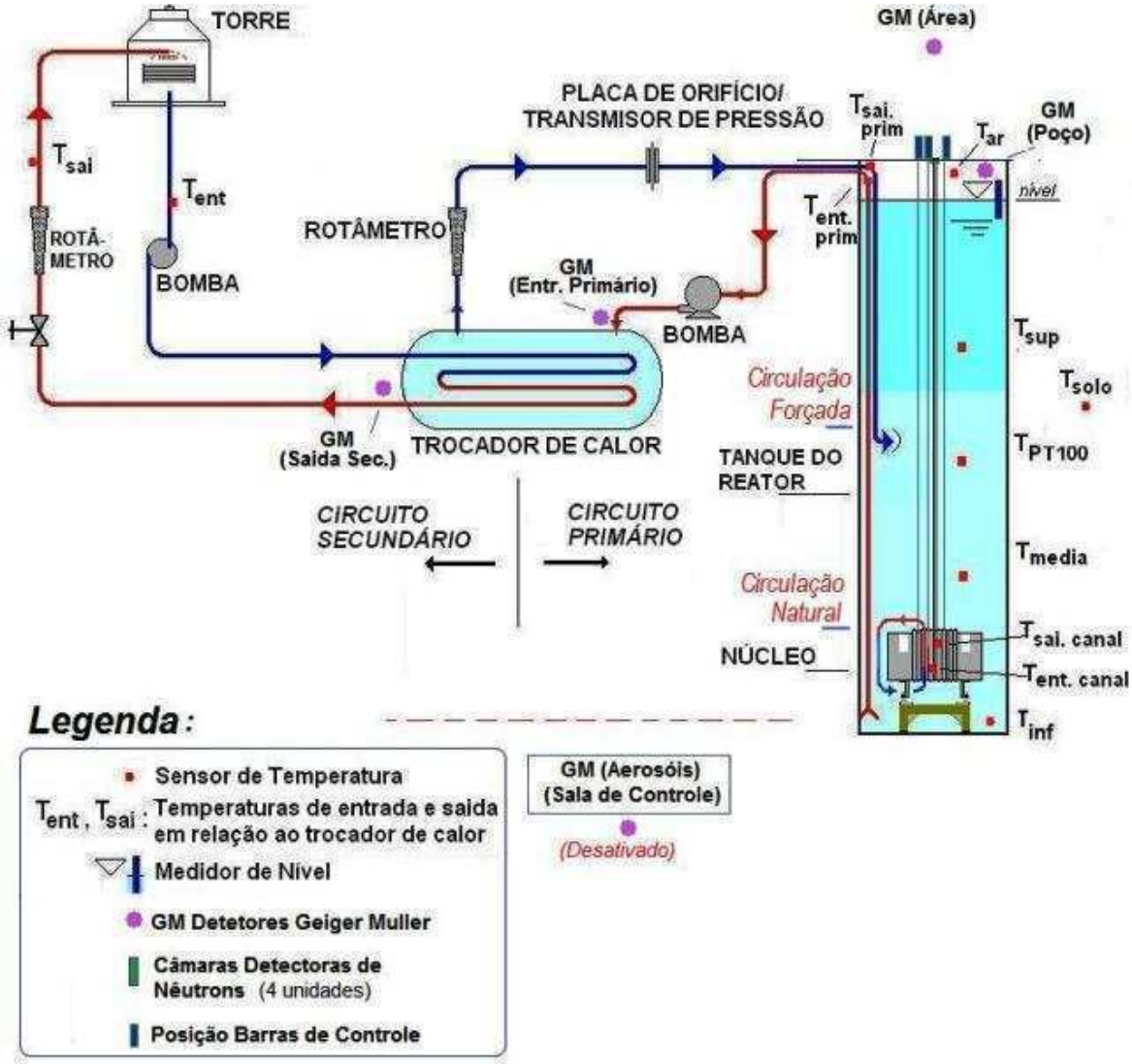


Figura 3*: Distribuição da instrumentação no circuito de refrigeração do reator TRIGA IPR-R1*

O comportamento de diversos parâmetros (neutrônicos e termo-hidráulicos até a potência máxima de 250 kW), estão sendo simulados pelo programa. A simulação da operação em baixas potências, onde foram tratados praticamente, apenas os parâmetros relacionados à física de nêutrons, já foi realizada anteriormente por [21] e apresentado por [22].

6.4. Variáveis e parâmetros simulados pelo sistema proposto

- ✓ Canal de Partida: indicações variando de 10^2 a 1,0 x 10^5 cps (escala logarítmica) provenientes de uma câmara de fissão e circuitos eletrônicos associados.
- ✓ Canal de Potência Logarítmica: indicações na faixa de 0,01 kW a 250 kW (escala logarítmica), provenientes de uma câmara de ionização compensada.
- ✓ Canal de Potência Linear: indicações que variam de 0 kW a 250 kW, provenientes de uma câmara de ionização compensada.
- ✓ Canal de Potência Percentual: indicações variam de 2 % a 120 % , provenientes de uma câmara de ionização.
- ✓ Reatividade: indicações variam de –311 pcm a 1884 pcm, provenientes do canal logarítmico.

- ✓ Período – (T): indicações variam de -0 (faixa negativa) a ∞ (infinito) até 0 (faixa positiva) em escala logarítmica. O sinal não pode ser simulado na posição de teste, portanto, os dados coletados serão provenientes de valores reais obtidos em operações do reator. O sinal de período vem do módulo do canal logarítmico.
- ✓ SUR – "Start Up Rate": taxa de crescimento relativo da potência – SUR é dada em [dpm] (décadas por minuto), sendo o inverso do Período (T). Pode ser obtida utilizando a equação: SUR= 26,1/T ; sendo T em [s].
- ✓ Barras de Controle: indicações de 150 a 900 unidades, proporcionais às posições de cada barra. Além da equação ajustada que mostrará a posição das barras, serão também utilizadas as equações que fornecerão a reatividade inserida no reator por cada uma das três barras em função de sua respectiva posição [4].
- ✓ Medidas de temperatura do circuito de refrigeração, sinais originados de 5 termoresistores (PT-100).
- ✓ Medidor de vazão do primário e secundário, provenientes de transmissores de pressão diferencial.
- ✓ Temperatura do combustível, com sinais fornecidos por termopares localizados no centro do elemento combustível instrumentado.
- ✓ Temperatura dos canais hidráulicos do núcleo.
- ✓ Condutividade e pH da água do poço, em função da temperatura.
- ✓ Potência dissipada no circuito primário e secundário de refrigeração.
- ✓ Perdas de calor do poço e das tubulações no primário.
- ✓ Temperaturas na entrada e na saída do circuito primário e secundário de refrigeração.

7. ANDAMENTO DO PROJETO

Este trabalho aqui apresentado é continuação de dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação do CDTN [21] e que gerou uma patente com registro no INPI [23]. O trabalho é eminentemente experimental e está sendo desenvolvido agora como tese de doutorado neste mesmo curso. O programa irá abranger toda a faixa de potência do reator IPR-R1, ou seja de alguns mW até a potência máxima de 250 kW. Entre as inovações podem-se citar a inclusão de parâmetros operacionais relativos à termohidráulica e o efeito da temperatura do núcleo sobre as variáveis neutrônicas.

O versátil *software* LabVIEW®, possibilita a criação de instrumentos virtuais (VI – *Virtual Instruments*) para simulação, aquisição de dados e testes. Um VI desempenha funções semelhantes aos instrumentos tradicionais e é programado via *software* com flexibilidades e vantagens de manipulação, apresentação e registros dos dados que estão sendo simulados adquiridos e ou testados.

A interface do usuário consiste em duas partes, que são o painel frontal e o diagrama de blocos. No painel frontal do LabVIEW® podem-se criar os botões de controles, chaves, *leds* indicadores e *displays* gráficos para apresentar os dados, enquanto que no diagrama de blocos residem os blocos ou ícones que, adequadamente interligados, constituem a lógica de programação.

Para desenvolvimento do trabalho foram adquiridos placas de aquisição de dados com interface USB (*Universal Serial Bus*), modelo NI USB-6211 e a licença para utilização do *software* LabVIEW® versão 9, todos fabricados pela National Instruments. O sistema em desenvolvimento será uma ferramenta bastante útil em treinamentos e formação de pessoal na área de tecnologia de reatores para o entendimento do comportamento dos parâmetros operacionais. A Figura 4 mostra um exemplo de diagramas em blocos típico do *software* LabVIEW® utilizado no sistema.

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

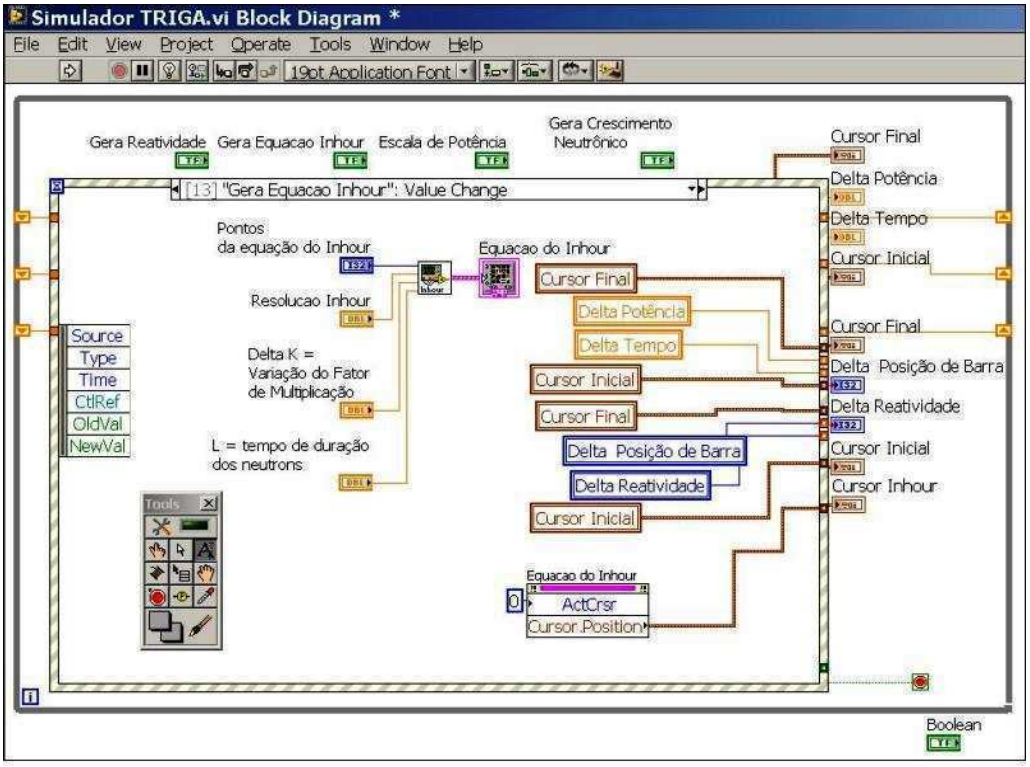


Figure 4. *Diagrama de blocos do projeto típico do software LabVIEW*

Na Figura 5 tem-se o painel frontal de controle principal onde se pode ver: as botoeiras virtuais de acionamento das barras de controle, suas posições e um diagrama com o corte no núcleo do reator.

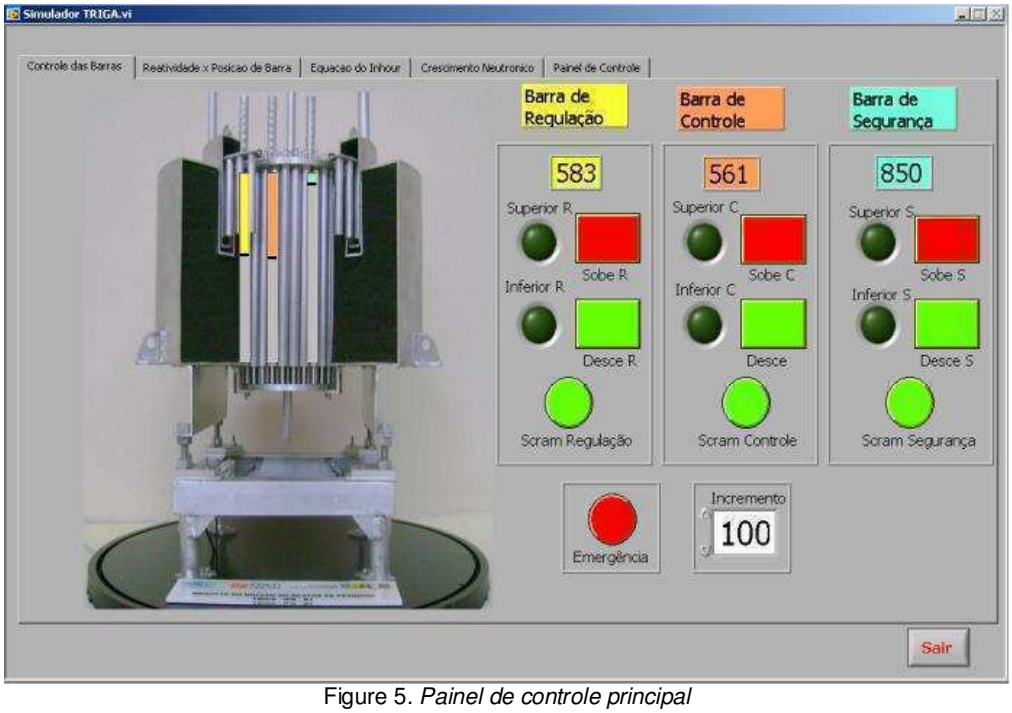


Figure 5. *Painel de controle principal*

8. CONCLUSÃO

A retomada dos projetos de energia nuclear no Brasil pode ser notada em ações como o Plano Nacional de Energia 2030, que além da conclusão da central nuclear de Angra 3, contempla também a construção de, no mínimo, mais quatro unidades. O projeto do Reator de pesquisa Multipropósito Brasileiro (RBM) encontra-se também em andamento. Portanto, o cenário atual indica a necessidade de formação de pessoal em tecnologia de reatores e o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) possui um reator de pesquisa único no Brasil projetado com a finalidade de realizar pesquisas e treinamento em tecnologia nuclear.

O sistema aqui descrito para simulação do comportamento das variáveis operacionais do reator TRIGA IPR-R1, contribuirá para a segurança, confiabilidade, qualidade e credibilidade na operação, proporcionando o entendimento de como estes parâmetros estão inter relacionados, nos reatores nucleares. A utilização de instrumentos virtuais com interface visual em monitores de vídeo viabilizará a utilização deste reator em treinamento e formação de pessoal na área nuclear. No desenvolvimemto deste trabalho, resultados experimentais e analíticos não investigados anteriormente para este reator serão abordados, conferindo-lhe originalidade.

9. REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 17025, (2005) – requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 31p.

[2] IAEA, International Atomic Energy Agency (2001), “Strategic Planning for Research Reactors, Guidance for Reactor Managers”. IAEA-TECDOC-1212, Vienna.

[3] General Atomic, 2011, TRIGA *Instrumentation and Control Systems. Disponível em:* http://www.ga-esi.com/triga/products/control_systems.php, acessado em 23.02.2012.

[4] Souza, R.M.G.P., Resende, M.F.R., Mesquita, A.Z., Valente, E. S., (2002), Resultados dos testes finais para o aumento de potência do Reator TRIGA IPR-R1. NI–IT4-07/02, CDTN/CNEN, Belo Horizonte.

[5] Dalle, H.M., (2005), “Simulação do Reator TRIGA- IPR – R1 Utilizando Métodos de Transporte por Monte Carlo”. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

[6] Fortini, M.A.,(2004), “Análise Teórico-Experimental da Termofluidinâmica de Reatores de Pesquisa Refrigerados a Água em Regime de Convecção Natural”. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

[7] Mesquita, A.Z., (2005), “Investigação Experimental da Distribuição de Temperaturas no ReatorNuclear de Pesquisa TRIGA IPR-R1”, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

[8] National Instruments Co. (2007), Measurement and Automation - Graphical Programming for Instrumentation”. Austin, USA.

[9] IAEA (1998), International Atomic Energy Agency. Modernization of Instrumentation and Control in Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-1016, IAEA, Vienna.

[10] IAEA (1999a), International Atomic Energy Agency, “Specifications of Requirements for Upgrades Using Digital Instrumentation and Control Systems”, IAEA-TECDOC-1066, Vienna.

[11] IAEA (1999b), International Atomic Energy Agency, Modern Instrumentation and Control for Nuclear Power Plants: A Guidebook, Technical Reports Series No. 387, Vienna.

[12] IAEA (1999c), International Atomic Energy Agency. Specifications of Requirements for Upgrades Using Digital Instrumentation and Control Systems, IAEA-TECDOC-1066, Vienna.

[13] Mesquita, A.Z.; Rezende, H.C., (2010). Thermal Methods for On-Line Power Monitoring of the IPR-R1 TRIGA Reactor. Progress in Nuclear Energy, v. 52, p. 268-272,. doi:10.1016/j.pnucene.2009.07.013.

[14] Hetrick, D.L., (1993), *"Dynamics o Nuclear Reactors"*. American Nuclear Society, Illinois. 542p.

[15] IAEA, (2008), International Atomic Energy Agency, Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for Research Reactors, Safety Guide NS-G-4.4, Vienna.

[16] CDTN/CNEN, (2007), Relatório de Análise de Segurança do Reator TRIGA IPR-R1. Belo Horizonte, RASIN/TRIGA-IPR-R1/CDTN.

[17] Lamarsh, J.R.; Baratta, A.J. (2001), *"Introduction to Nuclear Engineering"*. 3° ed. Upper Saddler River: Prendice Hall. 786p.

[18] Mayo, R.M., (2001), "*Nuclear Concepts for Engineers"*. American Nuclear Society, Illinois, 361p.

[19] Böck, H., Villa, M. (2004), *Physics and Kinetics of TRIGA Reactors*. AIAU 24310. Prepared for the IAEA under Contractual Service Agreement Pers/JCH/nbb/ior/NSNI/Rev.1. June.

[20] CDTN/CNEN (1997), Curso de Treinamento de Operadores em Reatores de Pesquisa – CTORP. Belo Horizonte, 5a ed.

[21] Pinto, A.J, (2010), Sistema Digital para Simulação de Parâmetros Neutrônicos do Reator Nuclear de Pesquisa TRIGA IPR-R1. Dissertação de Mestrado, Curso de Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

[22] Pinto, A. J. ; Mesquita, A.Z. ; Tello, C.C.O., (2010). simulação da evolução da potência de reatores nucleares de pesquisa utilizando o software Labview. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, v. 14, p. 51-61.

[23] Pinto, A. J. ; Mesquita, A.Z. ; Tello, C.C.O. ; Stehling, E.T.S. ; Scaldaferri, D.H.B., (2011). Registro de patente do Sistema Digital para Simulação de Parâmetros Neutrônicos do Reator Nuclear de Pesquisa TRIGA IPR-R1. Registro de Software RS 11552-1. INPI Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

10. AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem à Pesquisadora Dra. Rose Mary Gomes do Prado Souza pela ajuda em neutrônica e também às seguintes instituições: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN INGENIERÍA MECÁNICA: PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS PARA SU SOLUCIÓN

Carlos A Mainetti[(1)] y Jorge V. Orsi[(1)]
[(1)]*Grupo de Eléctrica y Mecánica de Automatización*
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca
Departamento Ingeniería Mecánica
11 de Abril 461 B8000LMI Bahía Blanca Argentina
e-mail: mainetti@frbb.utn.edu.ar , jorsi@frbb.utn.edu.ar

RESUMEN

La carrera de Ingeniería Mecánica de La Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional ha incorporado en el año 2001 Automatización Industrial a la oferta de asignaturas electivas. El objeto de tal acción ha sido ofrecer el marco donde se traten las aplicaciones, tanto de esta temática como la de sistemas de control para la integración de varias áreas de conocimiento que son de imperiosa necesidad en el campo industrial donde se desarrollen los futuros ingenieros mecánicos.
El presente trabajo analiza la problemática de la inserción en el currículo del ingeniero mecánico de conceptos notablemente distintos de los aportados por los ejes tradicionales de la formación clásica y reseña las estrategias aplicadas articuladamente para la incorporación de nuevos contenidos.
En particular, primeramente se tratará la manera en que se implementaron las actividades prácticas de manera tal que puedan ser llevadas a cabo individualmente por cada alumno a los efectos de evaluar adecuadamente su competencia. Al finalizar el cursado se evalúa la capacidad para la integración de sistemas mediante el desarrollo de aplicaciones prácticas concretas, que pone de manifiesto la evolución del alumno en un año, partiendo de escasos conocimientos en la temática. En el trabajo se mencionarán algunas de las realizadas detallándose una en particular. Posteriormente se presentarán las acciones realizadas para activar la participación de alumnos de ingeniería mecánica en el Grupo de Robótica y Simulación compuesto y gestionado por alumnos de las Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Electrónica de la Facultad y carreras afines de la Universidad Nacional del Sur; involucrando a los estudiantes y motivando su activa participación.

Palabras Claves: Automatización Industrial, Ingeniería Mecánica.

Área temática: (A- Enseñanza)

1. INTRODUCCIÓN

La carrera de Ingeniería Mecánica que se dicta en la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional incorporó como electiva la materia Automatización Industrial en el año 2003, con el objeto de proporcionar el acceso a una rama de conocimiento de influencia creciente en el campo de aplicación de la mecánica a los alumnos interesados. Por tratarse de una nueva temática para la especialidad se llevaron a cabo reuniones con la participación del docente y autoridades de la carrera para su implementación, comenzando por la definición del perfil deseado, para lo cual se analizó la actuación del ingeniero mecánico en el campo de la automatización. En una amplia mayoría de los casos analizados su función consistía en la organización, gestión y/o ejecución de tareas de mantenimiento correctivo o preventivo. Las aplicaciones de diseño trataban la integración de sistemas. En la figura 1, se muestra en síntesis, un sistema de automatización, donde a nivel de componentes y subsistemas, el ingeniero desempeña actividades de mantenimiento, mientras que son el diseño y la gestión las propias del sistema.

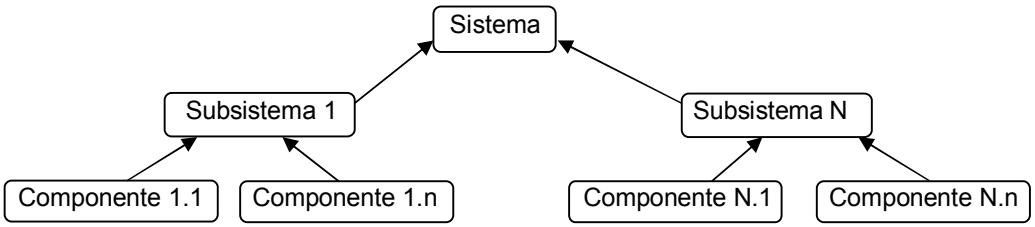


Figura 1.- Síntesis de un sistema.-

Posteriormente se determinó el nivel en el cual debería dictarse la materia, acordándose que por sus características debería ubicarse en el último año. Luego, se analizaron los contenidos y el nivel académico deseado, desarrollando los programas sintéticos y analíticos [4], como así también el aporte de conocimientos de otras asignaturas de la carrera (ver figura 2).

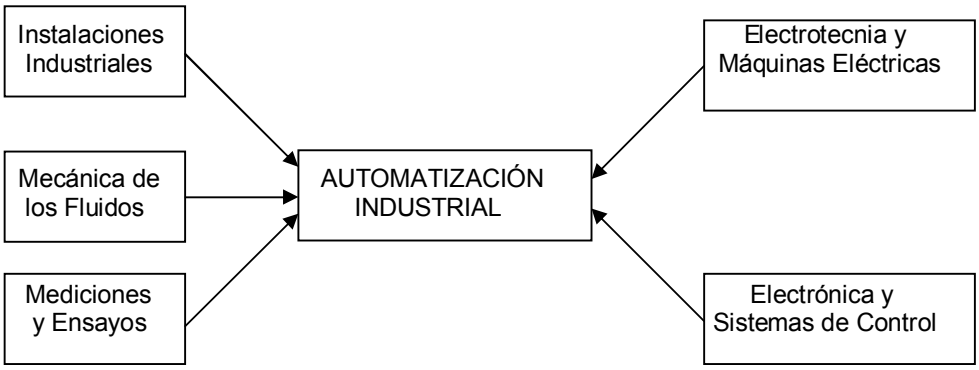


Figura 2.- Materias de la Carrera que aportan conocimientos.

2. PUESTA EN MARCHA DE LA NUEVA METODOLOGÍA

Si bien en las materias del currículo Electrotecnia y Máquinas Eléctricas y Electrónica y Sistemas de Control se tratan temas de aplicación a automatización, se decidió como primera unidad temática la activación de conceptos tratados en su desarrollo adaptándolos a las aplicaciones de la materia, con lo cual se uniformarían conocimientos. Se analizó además la metodología didáctica a emplear. Generalmente el dictado de asignaturas se realiza con exposiciones orales por parte del docente, trabajos prácticos, exámenes parciales y final con el docente como actor principal. En las clases teóricas, el docente utiliza enfoques didácticos convencionales para analizar y en ciertos casos, se apoya en ambientes computacionales. Se determinó que el principal conflicto expresado

por los alumnos es la dificultad de asociación de las actividades prácticas propuestas en las cátedras con las aplicaciones reales. Surgió entonces, la idea de cambiar el paradigma didáctico por otro, en el cual el eje principal sea el alumno, reservando para el docente la generación de un espacio que enlace fuertemente la teoría con la práctica. Esto, facilitará la comprensión de leyes y procesos con la idea de preparar al estudiante para las futuras condiciones laborales. Las clases se estructuraron de manera tal, que cada concepto teórico expuesto fuera seguido por una actividad práctica para su demostración o justificación. Era necesario entonces, en un breve tiempo, disponer de un laboratorio adaptado al nuevo paradigma de manera de facilitar la tarea individual de cada alumno. En conjunto, las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica crearon el Grupo de Eléctrica y Mecánica de Automatización (GEMA) aportando materiales e instrumental. Empresas locales colaboraron con componentes que se utilizaron en el desarrollo de sistemas que pusieran de manifiesto lo expuesto en teoría.
Para la realización de trabajos prácticos con componentes electrónicos tales como diodos, transistores, etc. se introdujo el uso de placas de interconexión multipropósito (protoboards). Además, para el análisis de aplicaciones básicas mediante circuitos integrados analógicos y digitales simples, se utilizaron módulos individuales, los cuales son de diseño propio y fueron construidos por alumnos de ingeniería eléctrica, los cuales pueden verse en las figuras 3a y 3b. Estos módulos facilitan el cambio de componentes y permiten la visualización de distintos comportamientos y admiten incorporar diferentes acciones de control.

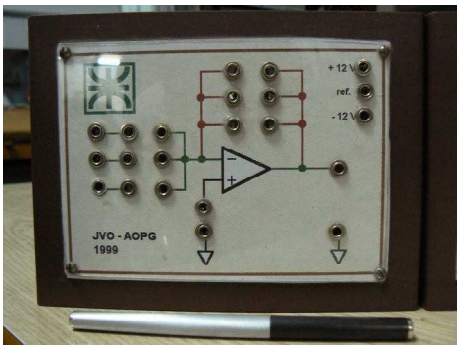


Figura 3a.- Módulos analógicos.-

Figura 3b.- Módulo digital.-

El docente impulsó a los alumnos para ejecutar pequeños proyectos según dos modalidades. En la primera, los estudiantes ponen a consideración de la cátedra su idea, mientras que en la segunda, es ésta quien genera la propuesta que, en general, se trata de sistemas necesarios para el laboratorio.
En ambos casos, la metodología de trabajo comienza con un análisis que permite establecer la estrategia de diseño del sistema y su modelado, para luego seleccionar los componentes y proceder a continuación con su integración. En general, se presentan problemas cuando los alumnos no cuentan con los conocimientos necesarios para la realización del proyecto, aspecto que se soluciona en discusiones con la cátedra.
Para ambas modalidades se establecen consignas que deben cumplir los alumnos para la realización de sus proyectos:

- Cuando sea posible deben utilizar materiales en desuso o rezago.
- Las técnicas de cálculo pueden ser convencionales o con soporte informático.
- Debe ser de bajo costo ya que se construirá.
- El diseño debe hacerse durante el cursado de la materia.
- El prototipo se presentará en funcionamiento como parte del examen final.
- Deben presentar informes de avance del proyecto.

Según se ha mencionado, este nuevo paradigma comenzó a aplicarse en el año 2003 y se ha perfeccionado desde entonces en relación al cursado y aprobación de la materia. La carencia de sistemas didácticos en el laboratorio motivó que los primeros proyectos se orientaran a este fin.

Teniendo en cuenta el costo de los sensores, los primeros en realizarse fueron un sistema para medición de caudal y otro para medición de nivel. Para el primero se partió de un medidor de agua domiciliario que si bien es de bajo caudal, es razonable para la aplicación didáctica. Se modificó a los efectos de digitalizar la señal por medio de un sensor de mouse y para el procesamiento se optó por un microcontrolador PIC™. Por las dificultades que presenta la programación, los alumnos recurrieron al Grupo de Robótica y Simulación (GRS) [5] del Departamento de Ingeniería Eléctrica, siendo éste, el comienzo de una relación profesional entre alumnos de ambas carreras. Como el recipiente contenedor del líquido tenía dimensiones reducidas, su optó por un sensor de nivel del tipo flotante y como posicionador, una resistencia variable (potenciómetro) colocado en una rama de un puente Wheatstone cuya salida, también se procesaba a través del microcontrolador. Seguidamente se desarrolló un modelo didáctico de aplicación de un strain gage (extensómetro) (ver figura 4), con una distribución circuital que permitiera el seguimiento de la señal desde el sensor hasta la salida.

Figura 4.- Modelo para strain gage.-

Otra comisión realizó el diseño y ejecución de un puente grúa con 3 estaciones intermedias (ver figura 5) controlado por un PLC (siglas en inglés de Controlador Lógico Programable) con el objeto de elaborar distintas estrategias de control y acciones ante posibles fallas.

Figura 5.- Maqueta de puente grúa.-

Para análisis y estudio de sistemas de control neumático se encuentra en etapa de construcción una maqueta, figura 6, también controlada por PLC.

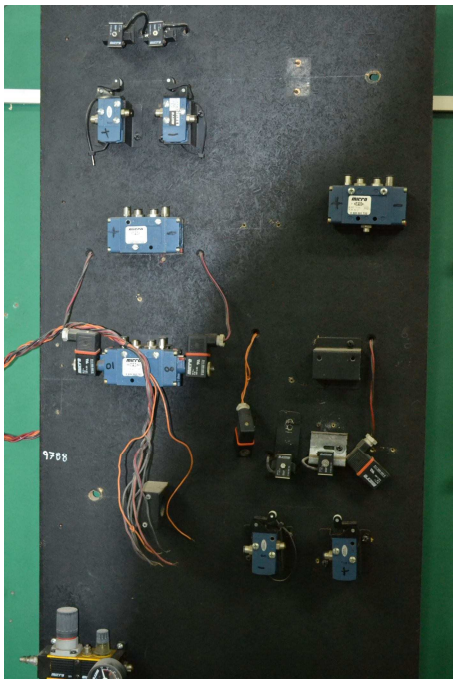


Figura 6.- Maqueta sistema de control neumático.-

Un párrafo particular para el proyecto sobre análisis y experimentación acerca de la no linealidad de cuerdas vibrantes realizado por una comisión utilizando el ambiente de programación gráfica denominado LABVIEW™ de la empresa National Instruments y ejecutando la adquisición a través del puerto de sonido de una computadora personal (PC).
La ejecución de proyectos generó en los alumnos la necesidad de interactuar con estudiantes de otras carreras, especialmente, como se ha mencionado anteriormente, con los integrantes del grupo GRS. Esto, aportó conocimientos y contribuyó a desarrollar la capacidad de adaptación de los alumnos al trabajo en grupos heterogéneos. Los alumnos de Ingeniería Mecánica empezaron a participar en el desarrollo mecánico de robot móviles para competencias modalidad Sumo, despertando su creatividad, ya que los robots deben construirse con componentes de rezago, permitiéndose sólo componentes nuevos en la electrónica. En la figura 7, puede verse un robot desarrollado por el grupo.

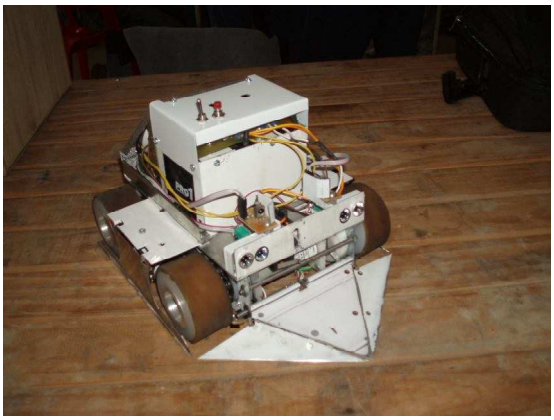


Figura 7.- Robot autónomo de sumo del GRS.-

3. CONCLUSIONES

La circunstancia de incorporación de la materia automatización industrial a la carrera de Ingeniería Mecánica ha sido el factor que posibilitó un cambio de paradigma en la didáctica de tal manera que se pasó de tener un alumno totalmente pasivo a uno altamente participativo desarrollando durante el proceso de formación capacidades individuales, a través de desarrollos bajo la guía de docentes. Por parte del docente se han puesto en práctica estrategias que colocaron al alumno como actor principal en el proceso de enseñanza aprendizaje por medio de actividades pragmáticas teniendo en cuenta que la tarea de desarrollo de proyectos debe soportarse con sólidos conocimientos científicos y técnicos impulsando además tanto las actividades grupales como los conceptos de gestión y administración de proyectos.-

4. REFERENCIAS

[1] Ministerio de Educación de la República Argentina (2001), Resolución Ministerial 1232/01, Boletín Oficial.

[2] H.D. Butigliero y colaboradores, (1997) Materias Integradoras: Observaciones y recomendaciones. Nuevo Diseño Curricular. Universidad Tecnológica Nacional.

[3] Ingeniería: Esencia y Enseñanza. Anales de mecánica y electricidad. ICAI. julio-agosto 2004

[4] Página de la Materia del Departamento de Ingeniería Mecánica.- http://www.frbb.utn.edu.ar/comun/secretaria_academica/departamentos/mecanica/programas_analiticos/automatizacion_industrial.pdf

[5] Página del Grupo de Robótica y Simulación www.grsbahiablanca.com.ar/

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Ingeniería Mecánica en Argentina: competencias requeridas para acceder al empleo

Gamondés, Estela, Verde Rey, María del Pilar, Fenelli, Eduardo, Nudelman, Gustavo

Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional
Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A, www.frba.utn.edu.ar

RESUMEN

La actual sociedad de la información muestra el papel fundamental del sistema interrelacionado de ciencia y tecnología. Sus conocimientos, métodos, procesos y productos sostienen el paradigma productivo del siglo XXI. En ese contexto global y regional la Argentina enfrenta la necesidad de formar ingenieros capaces de responder a las problemáticas del desarrollo sustentable. La formación por competencias aparece en nuestras universidades como un camino apto para la formación de ingenieros que aporten tanto al bien común de la sociedad como a la realización humana.
El análisis del marco teórico conjuntamente con el relevamiento empírico efectuado, le ha permitido al equipo interdisciplinario de investigación generar conocimiento sobre las competencias que en la actualidad son requeridas al profesional al momento de su inserción en el mundo laboral. Los resultados obtenidos muestran algunas coincidencias y diferencias que permiten trazar una perspectiva a tener en cuenta por las casas de altos estudios en los nuevos diseños de las carreras de ingeniería, dado que el análisis cuanti-cualitativo abarca un período de cinco años de proceso económico-productivo de gran complejidad e importancia para el país.
El trabajo presenta resultados parciales - Mecánica y Electrónica- de un Proyecto de Investigación de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, de carácter interdepartamental, acreditado en el Programa de Incentivos a los docentes investigadores (código 25/C100), bajo el título: “La Formación de Ingenieros en Argentina: requerimientos de los nuevos trabajos para los ingenieros en Mecánica, en Electrónica y en Sistemas de Información.”
Los objetivos propuestos fueron: a) Producir conocimiento respecto de las competencias requeridas actualmente por el mundo del trabajo al ingeniero mecánico, electrónico y en sistemas de información. b) Contribuir con los resultados alcanzados al debate del curriculum.
Creemos que la investigación aporta también a la gestión de políticas de la educación de ingenieros.

Palabras Claves: Ingeniería Mecánica**,** Competencias, Empleo, Curriculum

1. INTRODUCCION

Innovación, cambio permanente y flexibilidad son, entre otras, características definitorias de la sociedad de la información, las que exigen a las facultades de ingeniería la actualización constante de conocimientos y estrategias educativas de sus currícula. Los ingenieros son parte de la fuerza nuclear de trabajo de la sociedad global, dado que a su cargo quedan tanto la investigación y desarrollo como el proceso de diseño. En la actualidad "el proceso productivo de uso intensivo de conocimiento desplaza el proceso de trabajo de uso intensivo de mano de obra…En muchos sectores –los medios masivos, los medios digitales, la publicidad y una serie de ramas de la industria- es una producción con uso intensivo del diseño. En otros, se trata sobre todo de un proceso de investigación y desarrollo (I&D). Así el laboratorio o el estudio ocupan en la sociedad de la información el lugar central que en la sociedad industrial tenía la fábrica"[(1)].

Las tecnologías de la información y comunicación se han convertido en el núcleo tecnológico de esta transformación que en el orden económico ha tomado la forma de un capitalismo global e informacional. En este proceso, el capitalismo se reestructura como economía global que se caracteriza por su capacidad de funcionar en red, como una unidad en tiempo real a escala planetaria, según Manuel Castells[(2)]. Este nuevo *paradigma tecno-productivo* reemplaza a las prácticas productivas que resultaban eficaces en la primera mitad del siglo XX. El nuevo paradigma en desarrollo alude al sistema de creencias que se instala paulatinamente como sentido común en la conciencia colectiva de ingenieros, gerentes e inversores para lograr la máxima eficiencia y óptima práctica productiva[(3)].

En ese contexto desarrollamos una investigación de carácter interdepartamental: *La formación de Ingenieros en Argentina: requerimientos de los nuevos trabajos para los graduados en Electrónica, Mecánica y en Sistemas de Información*, radicada en los departamentos de Electrónica, Mecánica, Sistemas de Información y en la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Buenos Aires de la UTN, y acreditada en el Programa de incentivos a los Docentes investigadores del Ministerio de Educación, bajo el Código 25/C100.

La investigación supone la formación profesional como una dimensión de la actividad universitaria y aborda la educación de ingenieros desde la problemática de la formación de competencias como camino para desarrollar esta profesión multidimensional, especializada y creativa. Los objetivos centrales del proyecto son los siguientes:

- Identificar las competencias requeridas actualmente en el ámbito laboral al ingeniero en Electrónica, Mecánica y en Sistemas de Información.
- Analizar la adecuación de las competencias que propone el diseño curricular vigente con las demandas laborales requeridas a las especialidades investigadas.
- Contribuir con los resultados alcanzados a un nuevo debate del curriculum de esas ingenierías.

Dado que el objeto de estudio tratado en este proyecto pertenece al campo de la investigación educativa, específicamente al área de educación y trabajo, nuestra investigación se caracteriza por ser de carácter interpretativo. Las categorías usadas para el análisis interpretativo proceden de las ciencias sociales y las humanidades. Del campo de los estudios de la ciencia, la tecnología y la sociedad, se ha tomado el contexto teórico para caracterizar la sociedad de la información, el nuevo paradigma productivo y la estructura ocupacional. Por esas razones, la metodología utilizada combina procedimientos cuantitativos y cualitativos en el tratamiento de la información procedente de diversas fuentes, tales como:

- Cuestionarios a graduados de las carreras de Electrónica, Mecánica y en Sistemas de Información de los años 2003-2007.
- Relevamiento de los avisos semanales destacados -solicitando ingenieros- de los diarios de tirada nacional, "Clarín y La Nación" correspondientes a los años 2003-2007.

La ponencia presenta resultados cuantitativos parciales de la investigación. Se comparan y analiza los obtenidos en Mecánica y Electrónica. Nos interesa analizar y comparar las semejanzas y diferencias de los resultados alcanzados en estas especialidades porque la microelectrónica es el factor clave de las tecnologías de la información y comunicación -TIC's- y uno de los rasgos

distintivos de la dinámica interna de la tecnología actual es que tiende a formar un sistema altamente integrado, en el que las antiguas trayectorias tecnológicas se relacionan fuertemente entre si, volviéndose cada vez más interdependientes. Esa interdependencia entre Mecánica y Electrónica se manifiesta tanto en la creación de nuevas trayectorias tecnológicas, por ejemplo, la Mecatrónica, como en la transformación de antiguos productos en máquinas inteligentes. Hoy en día, "máquinas y productos contienen una proporción en aumento de componentes microelectrónicos. En el costo de los automóviles se calcula que alrededor de un tercio de sus componentes son mecánicos, un tercio electrónicos y un tercio microelectrónicos"(4).

1.1 Educación de Ingenieros y Competencias

Desde la década del noventa el debate curricular en ingeniería ha sido liderado en Argentina por el CONFEDI. Los acuerdos alcanzados constituyeron el marco general de referencia para la elaboración del diseño curricular de la Universidad Tecnológica Nacional, del año 1995. Esa reforma curricular funcionó como un auténtico plan estratégico al explicitar los principios formativos y las orientaciones pedagógicas(5) que guiaron las posteriores adecuaciones de los planes de estudio de las carreras, hoy vigentes. Estas adecuaciones tuvieron el doble propósito de albergar los recientes avances tecnológicos y poner en correspondencia el diseño curricular con los estándares para la acreditación que estableció el Ministerio de Educación.

Los documentos curriculares de las tres especialidades -Electrónica, Mecánica y Sistemas de Información- explicitan bajo los títulos Perfil, Actividades Profesionales Reservadas al Título o Incumbencias Profesionales del Título los conocimientos que debe poseer el graduado al concluir la carrera. Aunque muchos de estos pronunciamientos corresponden a habilidades de orden científico-tecnológico, todos hacen referencia a capacidades para el ejercicio de la profesión(6). Por otra parte, el listado incorpora un conjunto de habilidades en la acción que en esa investigación se designan como competencias genéricas actitudinales y sociales por cuanto los saberes involucrados suponen la puesta en escena de cualidades personales, es decir, disposiciones subjetivas e intersubjetivas necesarias para el desarrollo profesional.

A partir del año 2000 se advierte en los documentos oficiales de las universidades como en los del CONFEDI la aceptación del enfoque de la formación de ingenieros por competencias. Este enfoque comenzó su desarrollo teórico en el campo laboral, particularmente en la psicología del trabajo y de los llamados recursos humanos(7). De allí se trasladó a una concepción de la formación profesional, es decir, a la educación para el trabajo la que, llevada al ámbito universitario, dio lugar a la convicción que esta perspectiva reduce la brecha entre los conocimientos alcanzados en las carreras y los requerimientos laborales.

El curriculum basado en el enfoque de la formación por competencias subraya la capacidad de desempeño del individuo en una o más áreas específicas. Considera que la competencia está en el individuo y deriva de su preparación sistemática en un determinado dominio. La concibe como un conjunto identificable y evaluable de conocimientos, actitudes, valores y habilidades relacionadas entre sí, que permiten desempeños satisfactorios en situaciones reales no circunscriptas al ámbito educativo, sino proyectables al mundo del trabajo. Es decir, esta concepción visualiza el ámbito laboral y los procesos de trabajo como el ambiente donde el sujeto desplegará y complementará, en la experiencia, las competencias que adquirió en el medio educativo. Este certifica las competencias mediante los diplomas.

En relación con los objetivos de nuestra investigación, es fundamental no perder de vista que aquí interesan las competencias del graduado para su desempeño profesional, es decir, las competencias laborales. El CONFEDI define competencias como: "la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas -estructuras mentales- y valores permitiendo movilizar -poner a disposición- distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales"(8). También propone un listado acordado de competencias genéricas tecnológicas y sociales, políticas y actitudinales. Estas últimas son las relevantes para nuestra investigación, en ellas incluye:

- Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo
- Competencia para comunicarse con efectividad
- Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, ambiental y social de su actividad en el contexto local y global

- Competencia para aprender en forma continua y autónoma
- Competencia para tomar decisiones con iniciativa y creatividad tanto en el ámbito de organizaciones como de emprendimientos propios.

Nos hemos detenido en esta información porque la selección de competencias que hemos tomado para el análisis empírico se base en primer lugar en esta tipificación. Con el propósito de acercarnos a las condiciones efectivas de empleo de los graduados de Electrónica Mecánica y Sistemas de Información de la FRBA (Facultad Regional Buenos Aires), se comparó el listado del Confedi con las competencias propuestas por el perfil de estas especialidades. Por su interés para la investigación, se seleccionaron nueve competencias que coinciden con las que en el año 2007 el Confedi[9] denominó competencias genéricas, sociales, políticas y actitudinales:

1. Disponibilidad para trabajar en equipo
2. Capacidad para resolver conflictos
3. Capacidad para adaptarse a situaciones nuevas
4. Capacidad para soportar la incertidumbre/estrés
5. Responsabilidad y compromiso con la tarea
6. Creatividad
7. Manejo de lengua extranjera
8. Manejo de herramientas informáticas
9. Domínio de comunicación oral y/o escrita

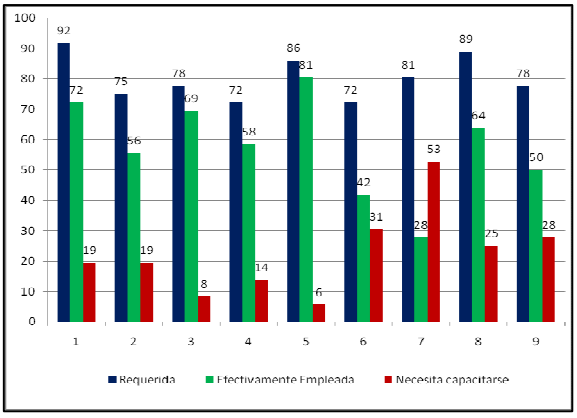
2 EL RELEVAMIENTO EMPÍRICO

2.1 CUESTIONARIOS A GRADUADOS DE MECÁNICA Y ELECTRÓNICA, CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Dado la relevancia de la Facultad Regional Buenos Aires de la UTN en la titulación de ingenieros, se considero pertinente tener en cuenta a sus graduados de las tres especialidades Electrónica, Mecánica y Sistemas de Información, en el período 2003-2007, como la población calificada para aportar la información empírica necesaria para esta investigación. Según los objetivos de nuestra investigación, el relevamiento del testimonio de los graduados es fundamental. Con este fin se diseñó un cuestionario orientado a obtener información acerca de la relación entre la formación recibida y el desempeño laboral. Es un cuestionario auto administrado que se envió por correo electrónico e incluye preguntar abiertas y cerradas, las que nos permiten realizar análisis y codificaciones diferentes.

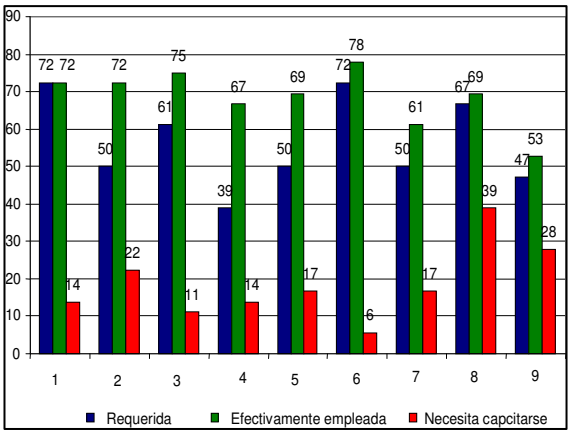
En esta presentación hemos seleccionado las respuestas de los graduados de Electrónica y Mecánica teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Competencias requeridas
- Efectivamente empleadas
- Necesita capacitarse para mejorar su posición laboral



1. Disponibilidad para trabajar en equipo
2. Capacidad para resolver conflictos
3. Capacidad para adaptarse a situaciones nuevas
4. Capacidad para soportar la incertidumbre/estrés
5. Responsabilidad y compromiso con la tarea
6. Creatividad
7. Manejo de lengua extranjera
8. Manejo de herramientas informáticas
9. Domínio de comunicación oral y/o escrita

Figura 1 – Mecánica



1. Disponibilidad para trabajar en equipo
2. Capacidad para resolver conflictos
3. Capacidad para adaptarse a situaciones nuevas
4. Capacidad para soportar la incertidumbre/estrés
5. Responsabilidad y compromiso con la tarea
6. Creatividad
7. Manejo de lengua extranjera
8. Manejo de herramientas informáticas
9. Domínio de comunicación oral y/o escrita

Figura 2 – Electrónica

En Electrónica fueron enviados 197 cuestionarios y obtuvimos 37 respuestas, casi un 19% del padrón de graduados de la especialidad. En Mecánica se enviaron 127 cuestionarios y se recibieron 51 respuestas, un 40% Conjeturamos que los resultados obtenidos representan la tendencia del padrón, dado que no hay elementos que nos permitan suponer que los graduados que no contestaron se podrían diferenciar en algo de los que sí lo hicieron.

Las competencias más requeridas se ordenan para Electrónica de la siguiente manera: 1) Disponibilidad para trabajar en equipo; 2) Creatividad y 3) Manejo de sistemas informáticos. Para los graduados en Mecánica el orden es: 1) Disponibilidad para trabajar en equipo; 2) Manejo de sistemas informáticos y 3) Responsabilidad y compromiso con la tarea. La coincidencia de la primera competencia requerida creemos que se debe, a la necesidad de integrar al novel profesional a los objetivos, normas y estructuras de la empresa. Por otro lado, la coincidencia entre el tercer lugar de Electrónica y el segundo lugar de Mecánica, manejo de herramientas informáticas, se ha vuelto imprescindible para todas las ingenierías en la actual sociedad informacional. Por último, nos preguntamos si la creatividad exigida a los ingenieros electrónicos está directamente relacionada con el rol central de esta ingeniería en el paradigma tecno-productivo, que tienen como factor clave a la microelectrónica. Respecto de la, responsabilidad y compromiso con la tarea, que se requiere a los Ingenieros Mecánicos, consideramos que puede deberse a dos razones: por un lado la flexibilización que caracteriza a la tercera revolución industrial ha precarizado el trabajo y la estabilidad laboral produciendo el debilitamiento de los lazos socio-laborales entre el profesional y la empresa, y por otra parte las nuevas generaciones han asumido los cambios culturales profundos propios de la etapa considerada, lo cual se manifiesta en ausencia de valores que en el empleo se consideran importantes como es el caso de la responsabilidad y el compromiso.

En las competencias efectivamente empleadas, creatividad, ocupa el primer lugar para Electrónica y responsabilidad y compromiso con la tarea el primer lugar para Mecánica. Creemos que esto responde a las exigencias de la innovación continua que el ingeniero electrónico enfrenta en su campo, que no sólo se muestra en la integración de la electrónica a tecnologías clásicas, como es la Mecánica, sino también con la interdependencia creciente de las revoluciones de la biotecnología y la microelectrónica, tanto desde una perspectiva material como metodológica.[10] Mientras que la diversidad de funciones del campo laboral del Ingeniero Mecánico también justificaría la exigencia efectiva de responsabilidad y compromiso con la tarea.

Con respecto a las competencias en que necesitan capacitarse, los graduados de Electrónica requieren, en primer lugar, de sistemas informáticos, mientras que los graduados de Mecánica el manejo de lengua extranjera, fundamentalmente inglés en un porcentaje superior al 50%, seguida de la creatividad y del dominio de la comunicación oral y escrita. El dominio de las estructuras y categorías del lenguaje facilita la comunicación clara y precisa de las ideas y argumentos, sin lugar a dudas necesarios en tiempos de innovación continua. Puede decirse que disponer o no de esta

competencia se ha convertido en clave para el desarrollo profesional. Actualmente la efectividad de la comunicación ha devenido en uno de los factores que influyen en alto grado en la productividad de las empresas.

2.2. OFERTA LABORAL PARA INGENIEROS EN MECÁNICA Y EN ELECTÓNICA

Con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en el cuestionario a los graduados, respecto de su ingreso laboral y las oportunidades de empleo, se analizaron los avisos destacados que durante el período estudiado se publicaron en los diarios Clarín y La Nación. Dado que el modo en que las publicaciones de empleos nombraban a las competencias no coincidía con el que tienen en los perfiles de las carreras, el equipo de investigación analizó las diferencias y procedió a redefinir algunas competencias e integrar otras a un listado básico de competencias para las tres especialidades. Así, las competencias capacidad para adaptarse a situación nuevas y capacidad para soportar la incertidumbre/estrés quedaron subsumidas en' adaptación al cambio'. De la misma forma capacidad para resolver conflictos, creatividad y responsabilidad/compromiso con la tarea, a las que se unían solicitudes de iniciativa y capacidad para innovar fueron integradas en 'proactividad', en tanto esta competencia implica no sólo resolver problemas sino fundamentalmente trabajar en la prevención de problemas es decir en el llamado 'proceso de mejora continua', en las que el ingeniero se estaría adelantando a posibles situaciones.

Corresponde además aclarar que en el gráfico de competencias se ha representado la categoría 'cursos y certificaciones', como sabemos, ésta no refiere a alguna competencia, sin embargo se vio la necesidad de incorporar esta categoría a los fines de alcanzar una comprensión más completa de la relación perfil de carrera-oferta de empleo. Las competencias dominio de comunicación oral y escrita, disponibilidad para trabajar en equipo y manejo de lengua extranjera se redefinieron como 'comunicación efectiva',' trabajo en equipo' y 'lengua extranjera' respectivamente. Por último, se agregó al listado básico de competencias liderazgo y habilidades comerciales.

La Figura 3 muestra las competencias presentes en la oferta laboral de Mecánica, se observa que se pide expresamente el 'manejo de lengua extranjera', mayoritariamente inglés y alcanza valores porcentuales iguales o levemente superiores al 30% para todos los años. Esta competencia en cada período analizado no es superada por ninguna otra, secundada por el 'manejo de sistemas informáticos" 'Liderazgo', 'proactividad' y 'trabajo en equipo' son competencias que si bien no alcanzan valores tan destacados como lengua extranjera se encuentran presentes en todos los años.

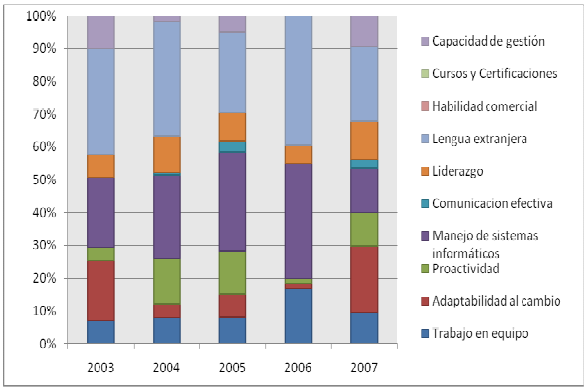


Figura 3 – Distribución de las competencias solicitadas en los avisos del período 2003-2007, Ing. Mecánica

La Figura 4 muestra las competencias presentes en la oferta laboral de Electrónica. El 'manejo de lengua extranjera' -inglés en el 98% de los casos- es la competencia más exigida y alcanza valores porcentuales iguales o levemente superiores al 50% para todos los años, con excepción del 2005, año en el que su requerimiento ronda el 43%. Al dominio de lengua extranjera le sigue en importancia el manejo de herramientas informáticas, competencia presente en todos los años, pero que alcanza

sus mayores valores en los años 2006 y 2005. Liderazgo, proactividad y trabajo en equipo son competencias que si bien no alcanzan valores tan destacados como lengua extranjera se encuentran presentes en todos los años. Corresponde señalar que aquí se repite el mismo orden y competencias solicitadas en Mecánica.

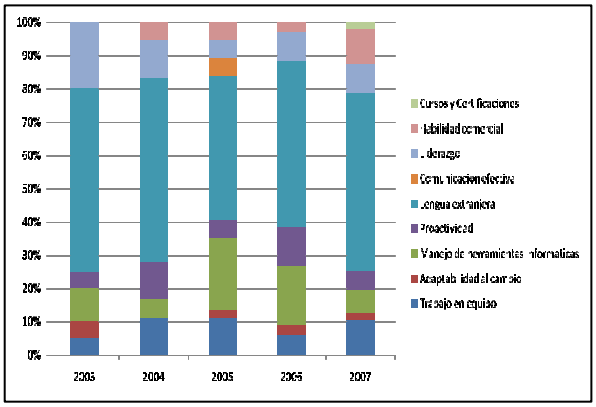


Figura 4 – Distribución de las competencias solicitadas en los avisos del período 2003-2007, Ing. Electrónica

3. CONCLUSIONES

A modo de conclusiones presentamos algunas inferencias y reflexiones que surgen de la investigación al comparar los resultados de los cuestionarios a graduados de Mecánica y Electrónica sobre las competencias requeridas, las empleadas y de las que necesitan capacitarse con los resultados del relevamiento de avisos sobre las competencias solicitadas en la demanda laboral de Mecánica y Electrónica. Las breves reflexiones que aquí mostramos tienen carácter parcial ya que los elementos de juicio de esta ponencia constituyen sólo algunos aspectos de un cuerpo de conocimiento más amplio de las carreras que se han tomado aquí como casos testigo para sintetizarlo.

Lo más llamativo, según el relevamiento empírico realizado, es la coincidencia fundamental entre la competencia más solicitada en la oferta laboral de ambas carreras, con la competencia que ocupa el primer puesto en necesidad de capacitación según el cuestionario de sus graduados. Esta es lengua extranjera –inglés o portugués. La necesidad de intensificar su formación puede explicarse de la siguiente manera: todo lo relacionado con la investigación, el desarrollo y el diseño de la tecnología se escribe en inglés. Por último, nuestra participación en el Mercosur, y la mayor relación con Brasil, explica el requerimiento del portugués a los egresados.

El conjunto de datos que permiten esta observación revelan características del fenómeno que reclaman su explicación. Si partimos del hecho de que no puede explicarse el comportamiento del empleo sin tener en cuenta el contexto social, debemos sostener que son precisamente las condiciones de política económica las que estructuran esta configuración. La reactivación económica que se inicia en la Argentina en el 2003 y continua hasta el 2007 implicó la multiplicación de puestos de trabajo y, por consiguiente, se incrementó la demanda de ingenieros. Demanda que se estabiliza después de alcanzar su nivel máximo en 2004. A partir de esto se puede pensar que, al tratar de superar su necesidad de recomponer sus cuadros, las empresas no fueron muy exigentes en los requerimientos de competencias. Probablemente se trataba, primero, de reunir los recursos profesionales para manejar la tecnología y, después, ya en los puestos se formarían y evaluarían las competencias del individuo.

Resulta interesante el testimonio que brindan los graduados de ambas carreras sobre la competencia requerida en el momento de la selección para el puesto de trabajo, disponibilidad para trabajar en equipo esa competencia aparece en la oferta laboral de Mecánica y Electrónica en todos los años y de forma bastante pareja. Esto nos hace pensar que en los tiempos de innovación continua y de integración de las tecnologías específicas, en un sistema tecnológico integrado donde tienden a

desaparecer sus antiguos límites, los desafíos exigen repuestas que integren perspectivas y exploren caminos múltiples.

Por último, destacaremos las coincidencias entre las competencias genéricas sociales y actitudinales propuestas por el perfil de las carreras con el listado que surge de las ofertas de empleos. Dicha coincidencia se expresa en el listado normalizado final. Allí podemos ver que seis de las nueve competencias corresponden a las propuestas por el perfil, y a las que se agregaron tres nuevas: liderazgo, cursos y certificaciones y habilidades comerciales'. Información que creemos resultará de utilidad a la universidad en el debate del curriculum de estas ingenierías.

4. REFERENCIAS

[1] Lash, Scot;(2005). *Crítica de la información.* Buenos Aires, 1ª Edición. Amorrortu. Avellaneda Pcia. de Buenos Aires

[2] Castells, Manuel: *(1996) La Era de la Información.* Madrid. 1º Edición. Alianza. Madrid.

[3] Pérez, Carlota; *Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto.* http:/www.carlotaperez.org/Artículos/1-lasnuevastecnologíasunavisión.htm

[4] Lash, Scot;(2005) op. cit.

[5] UTN, *Plan de Desarrollo Cualitativo.* Rectorado de UTN, Buenos Aires, (1993: 31-48)

[6] UTN, (2009):*Departamento de Mecánica, Incumbencias profesionales.* Secretaria Académica FRBA.

[7] Tanguy, Lucie: (2001) *De la evaluación de los puestos de trabajo a la de las cualidades de los trabajadores. Definiciones y usos de la noción de competencias.* En: de la Garza Toledo, Enrique-Neffa,Julio (comps) *El trabajo del futuro. El futuro del trabajo.* Buenos Aires. 1ª Edición. Clacso. Buenos Aires

[8] Confedi , 09/05/2007 *Competencias Genéricas de Ingeniería*, *Documento Final*, Bahía Blanca en http://www.confedi.org.ar/articulo/documento-final-de-competencias -genéricas

[9] Confedi op. cit.

[10] Castells, Manuel; op.cit. pág. 90

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

RECURSOS INFORMATICOS INNOVADORES EN EL ABORDAJE DE TEMAS DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LA EDIFICACION PARA CURSOS DE GRADO EN LA FAU-UNNE

Gallipoliti, Virginia[1]; Sogari, Noemí[1]

[1]G.E.R – Grupo en Energías Renovables – FaCENA – U.N.N.E.
Campus Libertad – Av. Libertad 5460 – 3400 Corrientes
Tel: +54 3783 473931 int. 129 / Fax: +54 3783 473930/ e-mail: angelinag2@arnet.com.ar

RESUMEN

Se plantean prácticas de aprendizaje de uso de Programas Simuladores en el curso de 4to. año de la Facultad de Arquitectura de la UNNE como herramientas para aplicaciones dentro de los trabajos prácticos y también en futuros proyectos que el alumno realizara a lo largo de su carrera y en su vida profesional. Se logra, con esto, que el eje de la *sostenibilidad* transversalice los contenidos de la Asignatura INSTALACIONES en un universo donde el alumno esta habituado a manejar otros tipos de programas a lo largo de su carrera (por ejemplo el Autocad). Las modalidades que se desarrollaran para el logro de los objetivos son: *1- Clase de Exposición-discusión y 2- Trabajos en pequeños grupos.*
El modelo de *Exposición y Discusión* combinado con trabajo en grupos pequeños (taller o seminario) es delineado como modalidades de estrategias pedagógicas. La eficacia del modelo de exposición y discusión es la de utilizar lo que los alumnos ya saben y construir sobre ese conocimiento previo. También, y basados en el trabajo de David Ausubel, lleva a los docentes a presentar la información de una manera sistemática, lo que ayuda a los estudiantes a construir su comprensión del tema. Por otra parte, el trabajo en grupo con los alumnos permite: lograr una intensa participación en la situación sujeta al tratamiento grupal, expresar puntos de vista, opiniones, juicios, etc. y reorientarlos o desestimarlos en función de los enfoques críticos que efectúan los demás integrantes. Contribuir al logro de ciertas tareas cumplidas en común, a través de los roles que se asuman, y reforzar actitudes positivas hacia los miembros del grupo. El proceso de evaluación de los alumnos comienza desde el inicio del curso promoviéndose la *Evaluación Formativa* la cual intenta, ante todo, comprender el funcionamiento cognitivo del alumno frente a la tarea propuesta.

Palabras Claves: Simulación- Educación - Eficiencia energética – Evaluación

1. INTRODUCCION

El hábitat construido es el mayor consumidor de materia prima y energía. La construcción civil, consume aproximadamente el 40% de energía y de recursos naturales y genera el 40% de residuos producidos por todo el conjunto de actividades humanas (John et al, 2001). La transformación de estos materiales y el transporte desde los lugares de extracción hasta su puesta en obra o en fábrica, implica una importante carga ambiental. Tanto para la elaboración de materiales de construcción como para los procesos en obra, se utiliza una enorme cantidad de agua. Importantes recursos se invierten durante la vida útil de las obras de arquitectura, tanto material como energética.

En Argentina el uso residencial consume el 24% de las energías en general y el 31% de la energía eléctrica en particular, lo que implica que cualquier acción sobre este sector tendrá una incidencia favorable que podría iniciarse e los espacios educacionales para luego propagarse a la comunidad. Según trabajos de investigación consultados y experiencias internacionales, existen áreas dentro del consumo de energía de los edificios donde se puede producir un sustancial ahorro (Gonzalo et al., 1999), (Volantino et al., 1999), (Larsen y Lesino, 2000). La inclusión de aislamiento térmica y de pautas de corrección de heterogeneidades en la envolvente de un edificio puede ahorrar un importante porcentaje de la energía que se utiliza para acondicionar los ambientes del mismo (Canzonieri et al., 1999).

Esto implica la necesidad de realizar estudios que permitan una identificación clara de los procesos de transferencia de calor y temperatura en las diferentes opciones tecnológicas de viviendas y edificios. Por otra parte, Desde la política implementada por el Ministerio de Educación y Cultura de la Nación, se establece la Resolución Ministerial Nº 22 del 14 de Enero de 2008, en su articulo Nº 11, donde se invita a las Universidades Nacionales que se implementen políticas e instrumentos institucionales para el uso racional de la Energía.

En este marco señalado precedentemente, se plantea el conocimiento y uso de herramientas informáticas (Simuladores) que facilitan el entendimiento de aspectos claves como la variación temporal de las temperaturas dentro de un recinto o un edificio. En la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE, existe un área de Informática que permite a los alumnos realizar los trabajos que se plantean en los Talleres, allí utilizan varios Programas de diseño como el CAD en 2D y 3D, entre otros que logran la representación espacial de los proyectos arquitectónicos. Se propone que el alumno conozca el manejo de algunos Programas Simuladores y su utilidad al analizar el comportamiento térmico del edificio, les permite, además, la incorporación de equipos de aprovechamiento solar como Colectores para agua caliente, colectores de aire, fuentes frías, etc.

Otro beneficio que se plantea con esta propuesta, es lograr que el conocimiento científico sea abordado desde los conceptos físicos y de comportamiento de materiales. Esto es muy difícil hoy en día ya que el cuerpo de conocimientos ha crecido enormemente en las últimas décadas, lo que complica la selección de la metodología que se utiliza para abordarlos. La propuesta se plantea, también, dentro de un contexto en el que se desarrollan Proyectos de Investigación acreditados por la Secretaria de Ciencia y Técnica, los que realizan Auditorias energéticas en los distintos espacios: viviendas, edificios públicos, etc. para determinar los grados de confort térmico existentes en ellos. Luego, se hace utilidad de estos softwares específicos para constatar estas mediciones con los valores que arrojan los mismos. Estas actividades, realizadas por docentes investigadores, crean un ámbito disponible para el desarrollo de esta experiencia.

Así, se plantean instancias de aprendizaje de uso de programas Simuladores como herramientas para aplicaciones dentro de los trabajos prácticos de la Asignatura, y para aplicaciones en futuros proyectos que el alumno realizara a lo largo de su carrera y en su vida profesional. Estos programas simuladores, dentro de su menú de opciones para el análisis del proyecto edilicio y sus instalaciones frente a diferentes condiciones climáticas, detectar problemas de falta de confort, evaluar las distintas alternativas constructivas durante la etapa de diseño, como por ejemplo variaciones en la geometría del mismo, orientación, ubicación y tamaño de áreas vidriadas, estructura y conformación de la envolvente, materiales y sistemas de acondicionamiento pasivos e híbridos a utilizar, etc. Se mostraran los beneficios y dificultades de 3 (tres) Simuladores: Simedif, Transys y Simusol, quedando a criterio del alumno la elección de uno de ellos para su entrenamiento.

1.1 Objetivos Específicos

De esta forma, se pretende:

- Lograr que el alumno conozca y se familiarice con algunos de los programas simuladores: Simusol y/o Simedif y/o Transys y le sea útil en su trabajo, logrando mas aportes para los trabajos prácticos de la Asignatura y futuras aplicaciones en trabajos del Taller de Arquitectura.
- Poder incorporar a este análisis anterior algún elemento de aprovechamiento solar como colectores calentadores de agua o de aire y verificar su aporte al edificio a través del ahorro energético logrado.
- Propender en el alumno sensibilización hacia arquitecturas energéticamente eficientes, de manera temprana.
- Incorporar al alumno métodos de evaluación rigurosos del comportamiento de sus anteproyectos con respecto a la eficiencia energéticas, acercándolo a una actitud científica;
- Acentuar la vinculación con los Talleres de Arquitectura, en la medida de incorporar los beneficios de los resultados de los Simuladores a los futuros proyectos que se generaran a lo largo de la carrera y en su vida profesional.

En lo que respecta a los docentes:

- Elaboración del material didáctico y de estudio para los alumnos en soportes gráficos y magnéticos, que les permitan desarrollar estas actividades, con la posibilidad de establecer un vínculo multimedial a través de Internet.
- Instancias tutoriales para el seguimiento de estas actividades, organizadas según horarios y fechas disponibles para alumnos y el docente,
- Elaboración de Informes y resultados de las experiencias.

1.2 Los contenidos

Los contenidos específicos de la asignatura se agrupan en 4 áreas temáticas diferenciadas: *Acondicionamiento del aire, Luminotecnia, Acústica y Energía solar*. Todos ellos vinculados, de alguna manera con el aprovechamiento de la energía. Los materiales y las técnicas de construcción son vistos desde una óptica “contenedora” de las instalaciones complementarias del hábitat. Se pretende que estos contenidos están atravesados por el eje de la sostenibilidad para que las decisiones futuras de creación arquitectónica tengan un sustento científico y con criterios ambientales.

El trabajo que se presenta en este Congreso se refiere a una propuesta pedagógica aplicada al 4to. Año de la Carrera de Grado Arquitectura de la Universidad Nacional del Nordeste. Esta propuesta, actualmente, es implementada en algunos aspectos (incorporar pautas de

eficiencia energética en las instalaciones de los edificios tratados en la materia) y se pretende desarrollar completamente durante el año en curso.
Para lograr los objetivos propuestos y que el alumno adquiera destrezas con estos programas es necesario que recorra las etapas de la producción del conocimiento: 1- adquisición de los objetos de conocimiento: apropiación pre-operatoria, intuitiva, 2- un momento analítico (pensamiento operatorio concreto) y 3- una síntesis (pensamiento formal abstracto).

1.2.1 Los Programas

La simulación computacional se basa en crear un modelo del proceso que se pretende ensayar, y por medio de algoritmos y ecuaciones matemáticas hacer que dicho modelo posea el mismo comportamiento que un proceso real. Un programa de simulación se carga con datos experimentales recolectados previamente, o bien datos teóricos tabulados a nivel normativo, y como resultado entrega los cálculos de los diferentes estados por los que atraviesa el modelo, en las condiciones prefijadas y los procesos que en dicho modelo se llevan a cabo. Otras ventajas fundamentales de la simulación computacional para su uso en investigación científica residen en el tiempo que permite ahorrar en comparación con el que insumiría para el desarrollo del o los procesos en la realidad: procesos físicos que tardarían varios días o incluso necesitarían de las variaciones climáticas estacionales anuales en la realidad. Por otra parte resultaría altamente oneroso experimentar algunos procesos físicos (se necesitaría equipo e instrumental de laboratorio con que la facultad o el instituto o la UNNE misma no cuenta), lo que mediante el uso de programas especializados de simulación se resuelve con costos menores que amortizan ampliamente la inversión inicial que demanda la adquisición de algunos de estos programas de simulación.

El programa ***SIMEDIF*** *para Windows* (Flores Larsen, Lesino, G., Saravia D .A., 1999, SIMEDIF para Windows, Manual de Uso- INENCO – UNSA- CONICET) es una herramienta de diseño para calcular la temperatura horaria en el interior de los locales de un edificio. Permite analizar su comportamiento frente a diferentes condiciones climáticas, detectar problemas de falta de confort (sobrecalentamiento o bajas temperaturas), evaluar las distintas alternativas constructivas durante la etapa de diseño, como por ejemplo variaciones en la geometría del mismo, orientación, ubicación y tamaño de áreas vidriadas, estructura y conformación de la envolvente, materiales y sistemas de acondicionamiento pasivos e híbridos a utilizar, etc. En edificios ya construidos el programa permite ajustar los datos medidos, de forma de conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones climáticas o de orientación, detectar problemas de confort y estudiar la eficiencia de posibles alternativas de rediseño.

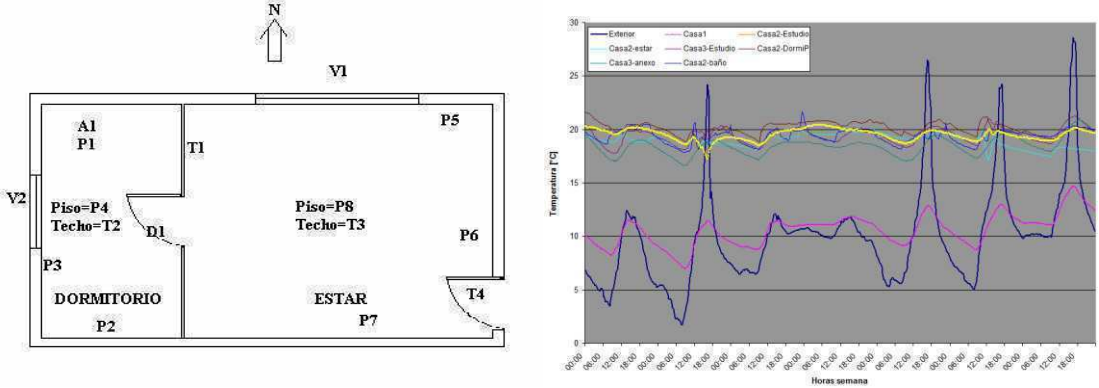


Figura Nº1: *Curvas de temperaturas medias en locales simulados con SIMEDIF*

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

SIMUSOL es un programa destinado a la simulación numérica de sistemas solares formados por elementos concentrados. La simulación ha estado en principio dirigida al estudio de sistemas térmicos. No obstante, actualmente se puede adaptar al estudio al estudio de otros fenómenos físicos tales como los eléctricos, los de flujo convectivo natural, los relacionados con el aire húmedo y otros; estos trabajos se pueden realizar combinando los distintos fenómenos, por lo que el Simusol es capaz de analizar un conjunto muy diverso de sistemas térmicos, con el fin de que la aplicación sea concreta. Fue creado en el INENCO, Instituto de Energías No convencionales CONICET- UNSA en la Universidad de Salta – Argentina (Dolores Alía de Saravia y Luis R. Saravia)

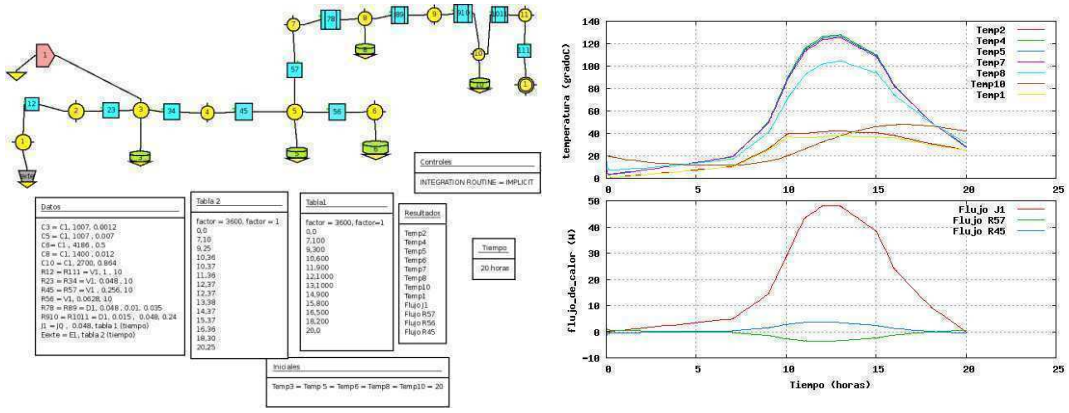


Figura Nº 2*: Diagrama y graficas de temperaturas de resultados para la representación de una pared de mampostería*

Por otro lado, el programa ***TRNSYS***, comercializado desde 1975, (Klein et al 1976) es un programa originalmente desarrollado para el estudio de sistemas con energía solar, se diseña para simular el funcionamiento transitorio de los sistemas térmicos de energía. Es un software que involucra ecuaciones algebraicas y diferenciales e incorpora una librería con los más usuales sistemas termo energético y diseñado especialmente para simulaciones transitorias. TRNSYS permite que el usuario describa y supervise totalmente todas las interacciones entre los componentes del sistema. Posee entornos gráficos IISiBat y PRESIM, las novedades en el modulo PREBID para la descripción de edificios y los importantes avances en las interfaces no graficas TRNSED. El entorno TRNSHELL permite la edición de ficheros e incorpora en un solo las acciones necesarias para construir, ejecutar y analizar una simulación TRNSYS

2. Programación de las actividades a desarrollar.

Se presenta un cronograma estimativo de las tareas a desarrollar. Instalaciones II se cursa un día de cada semana en el horario de 15,00 a 21,00 Hs. durante el segundo cuatrimestre del año, completando así un total de 6 horas por semana, lo que significa un total de 96 hs. cátedra. Las mismas se reparten entre el dictado de clases (teórico-practicas), estudio individual y actividades extracurriculares como ser las visitas a obras, y/u otra actividad. El número de alumnos que cursan anualmente la Asignatura no es constante, la cantidad fluctúa entre valores que van desde 80 a 150.

La siguiente programación se realizara para un periodo de dos años, por lo tanto las actividades propuestas con los alumnos se realizaran los días que no cursan la materia (Ej:

miércoles y/o sábado) ni las semanas que pudieran tener algún tipo de examen o presentación de Instalaciones II. Hay que destacar que estas actividades serán optativas para los alumnos ya que se cuenta con muy poco tiempo en el cuatrimestre para abarcar temáticas nuevas como el aprendizaje del uso de programas simuladores. Así, esta constituirá una experiencia pedagógica piloto, en la que se evaluaran las diversas alternativas de su aplicación.
En el segundo cuatrimestre del primer año se comenzaran a implementar las actividades con los estudiantes, habiendo realizado la Planificación de las mismas durante el primer cuatrimestre (se elaboraran el material didáctico como tutorial de los programas simuladores y conceptuales de energía solar y transferencia de calor). Durante el cuatrimestre de cursado de la materia, y habiendo acordado con los alumnos los horarios y días disponibles, se realizaran:

A- Planificación de actividades previas.
B- Preparación de material didáctico como tutorial de los programas simuladores y conceptuales de energía solar.
C- Dictado de la Asignatura
D- Taller Introductorio Programas simuladores
E- Taller uso de Programas simuladores
F- Tutoriales Programas simuladores
G- Primeros resultados con simuladores
H- Aplicaciones
I- Elaboración de informes
J- Difusión de los trabajos realizados

ACTIVIDADES	***PRIMER AÑO***												***SEGUNDO AÑO***											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
A																								
B																								
C																								
D																								
E																								
F																								
G																								
H																								
I																								
J																								

Cursado de la materia Instalaciones II

Actividades que se propone

2.1 Actividades a Desarrollar - Descripción de Innovaciones pedagógicas
Las actividades que desarrollare para el logro de los objetivos de los diversos temas encomendados dentro de la Asignatura son:

- *Clase de Exposición-discusión y,*
- *Trabajos en pequeños grupos*

Con diversos sistemas de interacción (docente-alumno –contenido- medios) como:

- Clases teóricas-practicas
- Conferencias- discusión
- Organización de grupos pequeños
- Demostración
- Estudio independiente

2.2.1 El modelo de *Exposición y Discusión* combinado con trabajo en grupos pequeños (taller o seminario) es delineado como modalidades de estrategias pedagógicas La eficacia del modelo de exposición y discusión proviene de tres fuentes básicas. La primera propone utilizar lo que los alumnos ya saben y construir sobre ese conocimiento previo. Una segunda perspectiva, basada en el trabajo de David Ausubel (1963-1968) lleva a los docentes a presentar la información de una manera sistemática, lo que ayuda a los estudiantes a construir su comprensión del tema. Como ultimo punto, se sostiene la eficacia del empleo de preguntas para comprometer activamente a los alumnos en el proceso del aprendizaje. Esta, constituye una etapa sincrética, la de reconocer la complejidad del problema a través de una visión global. Otorga al alumno una estructura global inicial de referencia donde "acomodar" el cúmulo de información específica que obtendrá posteriormente y recupera y profundiza vivencias y formación anterior.

2.1.2. *Trabajo en Grupos de alumnos*
Ventajas que se perciben con el trabajo en grupo para los alumnos:

- Posibilidad de lograr una intensa participación en la situación sujeta al tratamiento grupal.
- Expresar puntos de vista, opiniones, juicios, etc. Y reorientarlos o desestimarlos en función de los enfoques críticos que efectúan los demás integrantes.
- Contribuir al logro de ciertas tareas cumplidas en común, a través de los roles que se asuman, y reforzar actitudes positivas hacia los miembros del grupo
- Satisfacer necesidades sociales (intercambio, cooperación, aceptación, tolerancia, respeto, etc.)

El trabajo en grupos es utilizado para analizar e investigar una determinada temática (Lafourcade) Constituirá la etapa de análisis para cada individuo. Permitirá una distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos. Etapa de conocimiento profundo de los contenidos. Finalmente, se abordará una etapa de síntesis. Recomposición del todo, preanuncia la actitud sintética de la actividad profesional. En este caso, se analizarán con los Simuladores, los Proyectos que los alumnos hayan propuesto en los trabajos prácticos o algún otro que desarrollen en los Talleres de la carrera. Los grupos se constituirán de acuerdo al número que de cursantes por año. Se establecerán los objetivos principales de los trabajos grupales y las temáticas a desarrollar. La forma de evaluación y los procedimientos a implementar.

2.2 Evaluación de la Experiencia
Para evaluar las actividades realizadas con los alumnos, se hará una reflexión sobre el comportamiento de cada propuesta arquitectónica respecto los resultados arrojados por el programa específico de simulación.

Esto, dentro de un marco en donde también se considerarán los tiempos de realización de los trabajos, las condiciones en la que operaron los alumnos (en el hogar o el Dpto. informática de la Facultad), y la cantidad de alumnos por grupo. Ello permitirá evaluar dichas propuestas, comparar distintos trabajos y sacar conclusiones sobre el cumplimiento de las estrategias climáticas planteadas y eficiencia de recursos propuestos.

El proceso de **evaluación a los alumnos** comienza desde el inicio del curso atendiendo a las diversas formas. En esta propuesta se pondrá especial interés en las formas de evaluación: formativa y Alternativa
Evaluación Formativa la cual intenta ante todo comprender el funcionamiento cognitivo del alumno frente a la tarea propuesta. Los datos prioritarios son los que se refieren a las representaciones que se hace el alumno de la tarea y a las estrategias o procedimientos que utiliza para llegar a un determinado resultado Estos aspectos serán detectados en las clases de grupos (seminario) y en la producción que realiza el alumno.
Evaluación Alternativa método que facilita la observación directa de los alumnos y de sus habilidades.... Resolución de problemas, la ejecución y el diseño de experimentos sobre problemas reales, la construcción de modelos, etc. Se evaluara: participación activa de los alumnos – La pertinencia entre el concepto que se identifique y su aplicabilidad – La capacidad para reconocer una situación y buscar la estrategia que mejor la resuelva – La estructura lógica del trabajo de aplicación que se realiza.

3- Conclusiones

Consideramos que esta propuesta conducirá, a través de la realización de un conjunto de trabajos prácticos, concretos y destinados a un uso real, a despertar el interés en el alumno y provocar un cambio de actitud hacia la Ciencia y la Tecnología, en donde los conceptos de eficiencia en la construcción de la obra arquitectónica, ahorro energético y sustentabilidad, primen desde las instancias de anteproyecto.
Los sofwares específicos presentados aquí son herramientas potentes para mejorar la construcción de conceptos relacionados a la transmisión de calor, materiales de construcción, pautas bioclimáticas y sustentabilidad edilicia, factores importantísimos ante las demandas energéticas actuales. Por otro lado se propende al trabajo interdisciplinario como elemento clave en futuros proyectos como profesionales. La propuesta logra resolver estrategias partiendo del protagonismo del alumno en la construcción de su proyecto, siendo éste un dispositivo de formación similar al desarrollado en los Talleres de Arquitectura.
La evaluación que realizaremos tanto de la experiencia como de los alumnos será, mas que nada, Informal y continua, estará implicada dentro de la actividad de enseñanza misma y permitirá, en el trato cotidiano, dentro del horario de clases, recoger informaciones, hacer observaciones sobre rasgos de los alumnos, realizando un diagnostico del proceso en general a través de vías informales.

4- REFERENCIAS

[1] John, Vanderley; Gomes da Silva, Vanessa, Agopyan. Agenda 21: Uma Proposta de discussão o construbusiness brasileiro. Ponencia para ANTAC- Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. 2001
[2] Gonzalo, G. E. Et al. (1999). Evaluación de las condiciones físicas, ambientales y de Consumo energético de viviendas unifamiliares. AVERMA Vol. 3 Nº 2. XXII

Congreso de ASADES. San Miguel de Tucumán, Argentina.

[3] Volantino, V. Et al. (1999). Método de evaluación integral del comportamiento higrotérmico de sistemas constructivos. AVERMA Vol. 3 Nº 2. XXII Congreso de ASADES. San Miguel de Tucumán, Argentina.

[4] Flores Larsen, S. y Lesino, G. (2000). SIMEDIF 2000: Nueva Versión del Programa de Diseño y Cálculo de Edificios. AVERMA Nº 1. XXIII Congreso de ASADES. Resistencia, Chaco.

[5] SIMEDIF -[1] Flores Larsen, Lesino, G., Saravia D .A., 1999, SIMEDIF para Windows, Manual de Uso- INENCO – UNSA- CONICET

[6] Flores Larsen, Lesino, G., Saravia D .A., 1999, SIMEDIF para Windows, Manual de Uso- INENCO – UNSA- CONICET)

[7] TRNSYS- Baranda, L. Estudio y Aplicación del Programa TRNSYS – FACENA UNNE- 2005

[8] SIMUSOL -INENCO, Instituto de Energías No convencionales CONICET- UNSA en la Universidad de Salta – Argentina (Dolores Alía de Saravia y Luis R. Saravia)

[9] Lafourcade, P.: Planeamiento, conducción y evaluación de la enseñanza superior. Bs. As. Kapelusz. 1980. Cap. 4

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

El Proyecto Integrador de la Carrera de Ingeniería Mecánica. Una experiencia en marcha en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina.

Testori, Damián*, Amé, Ricardo M, Di Tullio, Marco, Penco, Paula

**Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Lomas de Zamora.*
Camino de Cintura y Juan XXIII, B1832, Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires, Argentina.
damian.testori@testorisrl.com.ar

RESUMEN

En la enseñanza de las ingenierías, muchos autores han sugerido y llevado a la práctica recursos didácticos basados en la ejecución de proyectos [1,2]. Pero éstos sólo contemplan la actividad integradora en la propia cátedra o en una asignatura específica de Proyecto Final de Carrera.
No cabe duda de la importancia y necesidad de la integración de los conocimientos como generadora de competencias en el profesional de la ingeniería [3].
En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, conscientes de la necesidad de profundizar las actividades integradoras, se ha diseñado y puesto en práctica un Proyecto Integrador de la Carrera de Ingeniería Mecánica -PIC- evitando generar un nuevo espacio curricular y aumentar las horas de cursada.
El PIC, aprobado por Resolución del Honorable Consejo Académico, forma parte del Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica desde el año 2010. Consiste en la elaboración, paulatina y constante, de un trabajo de diseño, cálculo y gestión de un proyecto de ingeniería mecánica, a lo largo de los últimos cuatro cuatrimestres, donde se atraviesan 20 materias de la carrera, entre conocimientos estructurales de la especialidad y los de soporte, finalizando en el 10° cuatrimestre con una defensa pública.
El objetivo es evitar extender la obtención del título de grado y aprovechar los componentes del Plan de Estudios, integrándolos en actividades de diseño, para lograr el desarrollo de las competencias propias de la carrera; también, capacitar en la solución de problemas abiertos de la ingeniería (no estructurados) empleando las ciencias básicas, tecnologías básicas y aplicadas, economía y gerenciamiento, para el desarrollo de sistemas, componentes o procesos; y comprometer a los docentes, de las distintas asignaturas, en una experiencia educacional institucional común. Se espera observar en los egresados la obtención de capacidades y competencias significativas.

Palabras Claves: Enseñanza, Proyecto integrador, competencias.

1. INTRODUCCIÓN

Los ingenieros afrontan, en su actividad profesional, situaciones problemáticas diariamente, ya sea técnicas como sociales; por ello, su formación debe permitirles generar las habilidades procedimentales, criterio y capacidades adecuadas a tal fin. En la enseñanza de las ingenierías, muchos autores han sugerido y llevado a la práctica recursos didácticos basados en la ejecución de proyectos [1-4]. Esta metodología incluye al alumno como elemento central, incentivándole para que colabore con su propia enseñanza [5], transformándolo, de pasivo receptor de conocimientos, a un activo actor, con desarrollo de pensamiento crítico con los conocimientos adquiridos [6].

Pero, en muchos casos, sólo contemplan la actividad integradora en la propia cátedra, en dos o, a lo sumo, tres materias, o en una asignatura específica de Proyecto Final de Carrera, y no incluyen el abordaje de conocimientos complementarios.

Cuando se aplican a una o a unas pocas cátedras, se ha encontrado que la metodología daba buenos resultados pero que no permite integrar distintos temas en una línea de continuidad en la currícula [7]. Por otra parte, el Proyecto final de carrera, si bien está diseñado para constituir la síntesis de los conocimientos y habilidades adquiridas, es la primera aproximación a la realidad profesional, cuando ya casi los estudiantes están a punto de egresar; además de convertirse en una carrera de obstáculos para lo que no fue previamente entrenado, resultando, por lo general, en un atraso a la finalización de la carrera [8].

No cabe duda de la importancia y necesidad de la integración de los conocimientos como generadora de competencias en el profesional de la ingeniería [9-11], y la estrategia del proyecto es una interesante herramienta si se la utiliza y diseña adecuadamente, incluso para impulsar la creatividad, la innovación y el trabajo en grupo [12].

En el año 2001, el Ministerio de Educación de la Nación Argentina emite la resolución N° 1232/01 [13], en la que fija las bases para la acreditación de las carreras de ingeniería, entre las que se encuentra la de Mecánica.

En el anexo III de esta resolución destaca las sugerencias relacionadas a que el "*plan de estudios debe estar adecuadamente integrado para conducir al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería. Se define como problema abierto de ingeniería aquellas situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiera la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías*". Y agrega: "*Como parte de los contenidos se debe incluir en todo programa una experiencia significativa (mínima de 200 horas) en actividades de proyecto (preferentemente integrados) y diseño de ingeniería. Se entiende por tales a las actividades que empleando ciencias básicas y de la ingeniería llevan al desarrollo de un sistema, componente o proceso, satisfaciendo una determinada necesidad y optimizando el uso de los recursos disponibles*".

En el anexo IV, parágrafo II: Plan de Estudios y formación, puede leerse, en el apartado II.5: "*En el plan de estudios los contenidos deben integrarse horizontal y verticalmente. Asimismo deben existir mecanismos para la integración de docentes en experiencias educacionales comunes*". Y en el punto II.9 expresa: "*El plan de estudios debe incluir actividades de proyecto y diseño de ingeniería, contemplando una experiencia significativa en esos campos que requiera la aplicación integrada de conceptos fundamentales de ciencias básicas, tecnologías básicas y aplicadas, economía y gerenciamiento, conocimientos relativos al impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis, de síntesis y el espíritu crítico del estudiante, despierten su vocación creativa y entrenen para el trabajo en equipo y la valoración de alternativas*".

La carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora fue acreditada por resolución de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) N°433/03 por tres años; luego con la resolución N°997/06 por otros tres años y finalmente con la N°716/07 por seis años, pues cumple efectivamente con los estándares requeridos.

No obstante, la intención institucional de mejorar continuamente la calidad educativa ofrecida permitió evaluar el devenir de las actividades, detectándose que, si bien el Plan de Estudios contemplaba actividades de integración inter-cátedras, la libertad de cátedra, por medio de la cual varios docentes generaban proyectos integradores propios a cada una de las asignaturas y la asignatura final

Proyecto de máquinas, que actuaba como integradora de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, se consideró pasible de mejora.
Las relaciones entre las cátedras no era lo suficientemente significativa como para garantizar una efectiva, ágil y duradera integración vertical y horizontal como se deseaba. Las actividades integradoras particulares de cada asignatura, si bien cumplían con su objetivo didáctico particular, no estaban coordinadas adecuadamente como para vincularlas a otras cátedras y potenciar sus fortalezas y, finalmente, Proyecto de máquinas requería un esfuerzo muy superior por parte de los alumnos y docentes para lograr el éxito integrador deseado dentro del tiempo cuatrimestral en que debe ser dictada.
Estos dos ejes, la Resolución 1232/01 y la experiencia transitada, generaron la idea de un Proyecto Integrador de la Carrera de Ingeniería Mecánica (PIC) con características muy particulares.

2. OBJETO

Generar una actividad integradora que forme parte del Plan de estudios, plasmada en un proyecto mecánico extenso y complejo, desarrollable a lo largo de varios cuatrimestres, integrando conocimientos adquiridos paulatinamente, a medida que el alumno avanza en la currícula, sin generar extensión en el tiempo de cursada, aprovechando coordinadamente las actividades integradoras particulares actuales y futuras de las cátedras.

3. METODOLOGÍA

Se optó por una metodología participativa, democrática y deliberativa, pues se comprendió que el éxito del proyecto requería de la activa y decidida participación y compromiso de la mayor parte de los miembros del claustro docente.
Por ese motivo, se transitaron varios períodos de trabajo:

1- Reuniones con todos los docentes del Ciclo Intermedio y Ciclo Superior de Ingeniería Mecánica, con el fin de presentar la idea y generar el debate de opiniones y propuestas. Las reuniones estaban dirigidas por el Coordinador del Ciclo Superior de Ingeniería Mecánica y consistían, en un principio, en explicar el concepto del proyecto, mostrar las disposiciones de la Resolución 1232/01 del Ministerio de Educación y analizar las debilidades y fortalezas del Plan de estudios vigente. Esta actividad fue poniendo de relieve la complejidad del proyecto y las distintas dificultades a sortear. Se fueron identificando aquellas asignaturas que se denominaron “troncales”, y que se identifican claramente con el perfil del ingeniero mecánico, de las otras complementarias. No obstante, se trabajó para que todas las asignaturas hicieran su aporte al proyecto integrador.

2- Cuando se avanzó en la estructura conceptual del proyecto, las asignaturas que elaboraban un trabajo integrador particular, presentaron el mismo públicamente, con el fin que todos los docentes participantes conformaran una idea común de armonización. Si bien la variedad era muy notable, la estructura de los diseños de los trabajos integradores de cátedra permitían realizar adaptaciones con el fin de encauzarlos hacia un destino común armonizado. Es así que los profesores realizaron las modificaciones necesarias y se logró concretar el encadenado entre asignaturas. Por su parte, aquellas materias que no disponían de trabajo integrador particular, por características propias de su dictado u otros motivos, acomodaron alguno de sus trabajos prácticos a la estructura del PIC. Quedó, así, un PIC compuesto por una serie de sub-proyectos, los cuales son cada uno de aquellos que aportan las asignaturas, en base a sus proyectos integradores originales, ahora adaptados al conjunto.
   Se acordó que, a diferencia de otras experiencias –negativas por cierto- [11], el diseño del proyecto a realizar estaría a cargo del cuerpo docente y no a elección del alumno, pues se entendió que es aquél, con su experiencia, quien puede diseñar un “*problema abierto de ingeniería”*, creando las *“situaciones hipotéticas y reales*”, asegurando la inclusión integrada de conocimientos.
   Queda, en esta instancia, diseñado el Proyecto integrador que deberá realizar el estudiante.

3- Para que la actividad genere el efecto deseado debe ser parte del plan de estudios de la carrera. Se efectúan reuniones con las autoridades de la Facultad y los docentes que se han comprometido taxativamente con el proyecto. Se explica, en varias oportunidades, el proyecto institucional ante los miembros del Honorable Consejo Académico, respondiendo a sus

inquietudes y relevando sus sugerencias. Se acuerda que el PIC debe iniciarse en la asignatura "Máquinas e instalaciones eléctricas", dictada en el 7° cuatrimestre de la carrera (otros antecedentes lo incluyen en los dos últimos cuatrimestres [11], con lo cual se limita la disponibilidad de tiempo, atentando contra la finalización de la carrera dentro del ciclo real).
Ello implica partir de la instancia posterior a la actividad integradora que se lleva a cabo en la asignatura Estabilidad II, en la que se elabora un trabajo que incluye al Ciclo de Ciencias Básicas con algunas del Ciclo Intermedio. Con esta disposición se logra la continuidad integradora para toda la carrera. El Honorable Consejo Académico (HCA) de la Facultad aprueba la resolución N°001/10, el 3 de febrero del año 2010, por la cual se establece que el Proyecto Integrador de la Carrera de Ingeniería Mecánica forma parte del Plan de estudio de dicha terminal.

4- Se elabora el Reglamento de Proyecto Integrador de la Carrera de Ingeniería Mecánica. Este documento establece las condiciones administrativas que los alumnos y la institución deben respetar, y su articulado ofrece una imagen muy clara de su concepción. En su artículo 1º establece: "*Todo alumno de la Carrera de Ingeniería Mecánica deberá acreditar la realización del Proyecto Integrador de Carrera PIC...*". En su artículo 3° expresa: "*El PIC estará subdividido en sub-proyectos secuenciales y concatenados; se realizará en forma paulatina y en etapas coordinadas y coincidentes con la ubicación del estudiante en el Plan de Estudios, de modo que podrá desarrollar trabajos con aplicaciones de los conocimientos adquiridos hasta ese momento, en un nivel de complejidad acorde a ellos".* Y en su artículo 11° puede leerse: *"PIC converge en la asignatura Proyecto de Máquinas o en la que se disponga en el futuro, la cual acredita su cursada de la manera que ella disponga, y el examen final con la defensa pública del mismo".*
   En este reglamento se indica la necesidad de crear un Comité de Proyecto Integrador de la Carrera, dirigido por el coordinador del Ciclo Superior de Ingeniería Mecánica y por docentes del Ciclo Intermedio y Ciclo Superior de Ingeniería Mecánica, con el fin de atender a la calidad y normal desarrollo de la actividad.
   El PIC se inaugura en la cohorte de alumnos de Máquinas e instalaciones eléctricas del 2° cuatrimestre del año 2010.
5- Se realizan actividades informativas a los estudiantes. Se les explica detalladamente los fundamentos, la necesidad y la mejora educativa que representa el PIC. Se explica que el PIC ha sido pensado y diseñado con el objetivo de cumplir con las exigencias de la resolución 1232/01 de la CONEAU, evitando generar una mayor carga de trabajo y la prolongación en la obtención de la graduación. Adicionalmente, se les aconseja una adecuada secuencia de cursada de asignaturas, que facilite la adquisición articulada de conocimientos y la elaboración de los sub-proyectos individuales que contempla el PIC.

4. RESULTADOS PRELIMINARES, CONSOLIDADOS Y PROYECTADOS

Como quedó expresado, el inicio de la aplicación del PIC se verificó en el 2° cuatrimestre del año 2010, por lo que su existencia aún es breve no obstante se pueden mostrar resultados preliminares, consolidados y proyectados.
En cuanto a los resultados preliminares se observa que la implementación del PIC refuerza, considerablemente, el cumplimiento de la Resolución 1232/01 de la CONEAU; ello se justifica con los siguientes puntos:

a. Sin modificaciones al Plan de estudios vigente y acreditado -sólo el agregado de la actividad PIC- permite *"conducir al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería"* (pág. 18).
b. Se cumple holgadamente con la disposición expresada en la página 18: *"Como parte de los contenidos se debe incluir, en todo programa, una experiencia significativa (mínima de 200 horas) en actividades de proyecto (preferentemente integrados) y diseño de ingeniería".*
c. Se cumple con lo indicado en el apartado II.5 de la página 22: "*En el plan de estudios los contenidos deben integrarse horizontal y verticalmente. Asimismo, deben existir mecanismos para la integración de docentes en experiencias educacionales comunes".*

d. Se cumple con el punto II.8 de la página 22, el cual indica: "*El plan de estudios debe incluir actividades de resolución de problemas de ingeniería, reales o hipotéticos, en las que se apliquen los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías*".
e. Se cumple con el punto II.9, que expresa: "*El plan de estudios debe incluir actividades de proyecto y diseño de ingeniería, contemplando una experiencia significativa en esos campos que requiera la aplicación integrada de conceptos fundamentales de ciencias básicas, tecnologías básicas y aplicadas, economía y gerenciamiento, conocimientos relativos al impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis, de síntesis y el espíritu crítico del estudiante, despierten su vocación creativa y entrenen para el trabajo en equipo y la valoración de alternativas".*
f. Los sub-proyectos que conforman el PIC son etapas de avance en la definición final del trabajo, elaborados en cada una de aquellas asignaturas que forman parte del PIC. Su ejecución implica la consulta a material bibliográfico o memorias en distintos idiomas –especialmente inglés-, redacción de informes, elaboración de esquemas y planos, presentaciones orales, como así también la adecuada organización de la información que se va generando, crean competencias en el uso del idioma inglés (punto II.12, pág. 23) y habilidades para la comunicación oral y escrita (punto II.13, pág. 23).

Como resultados consolidados, pueden expresarse:

a. La implementación del PIC, que exige la elaboración de sub-proyectos, ha generado un proceso de optimización en la planificación de cursada de asignaturas por parte de los estudiantes, lo que mejora la articulación entre ellas y la eficaz captación de los conocimientos en una secuencia de complejidad creciente.
b. El proceso de evaluación puede dividirse en dos momentos: durante la ejecución de cada uno de los sub-proyectos y el momento de la defensa pública, con el proyecto terminado, ante un jurado. Se observa un resultado consolidado, relacionado con la evaluación parcial de cada sub-proyecto, la cual realiza el docente de la manera que considera pertinente, evaluando los distintos aspectos particulares del mismo, pero en la perspectiva de un plan integrado de mayor complejidad.
c. Los alumnos se están fortaleciendo en las competencias genéricas referidas a la concepción de soluciones tecnológicas, al diseño, planificación y desarrollo de proyectos de ingeniería; esto no significa que no lo pudieran hacer en las condiciones anteriores, sino que ahora la concepción del trabajo es de mayor envergadura, extensión y complejidad. Como lo expresan otros autores [6,11], "*las competencias referidas a la comunicación (leer, escribir, hablar) se obtienen a través de la presentación de informes escritos, por el trabajo en equipo*", o por su necesaria interacción con los profesores; es en la propia realización del proyecto en donde encuentran las nuevas necesidades de aprendizaje, o de profundización de un saber determinado, que ellos mismos deben resolver [5].

En lo que hace a los resultados proyectados, se espera obtener:

a. El fortalecimiento de las competencias genéricas y específicas reservadas al ingeniero mecánico: su capacidad para utilizar, de manera efectiva, las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería, contribuyendo al desarrollo de la tecnología, la innovación y la creación de valor, para trabajar en equipos multidisciplinares, comunicándose oral y de forma escrita, con idoneidad y pertinencia.
b. Como se expresa en trabajos afines: "*Las competencias de pensamiento crítico se desarrollan durante el proceso de realización del proyecto, ya que los alumnos deben evaluar los objetivos, realizar juicios de valor, clarificar razonamientos, investigar e integrar datos pertinentes* [...] *realizar comparaciones críticas* [...] *estudiar alternativas de solución, tomar decisiones, asumir consecuencias y defender posiciones*" [6,11].
c. La medida real de la educación adquirida por el estudiante se refleja en lo que puede hacer con lo que ha aprendido [6]. El aprendizaje a partir de la confección de proyectos parece ser un método de enseñanza efectivo comparado con las estrategias de enseñanza cognitivas tradicionales, particularmente para el desarrollo de habilidades en la solución de problemas de la vida real. En estudios realizados se ha comprobado que la retención del conocimiento adquirido después de 24 horas, en un estudiante, es de 5% para clases magistrales, 50% para discusión en grupo, 75% para experiencias prácticas y 90% por enseñar a otros [6].

d. La evaluación final, en la asignatura Proyecto de Máquinas, instancia en que el estudiante defiende públicamente su proyecto frente a un jurado de profesores, es un momento significativo que lo enfrenta a una de las situaciones más dignas y emocionantes de su capacitación. Es el cierre de un proceso de capacitación en el cual se honra el esfuerzo realizado con la graduación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Piován, Marcelo; Romero, Andrés (2004). "La enseñanza y aprendizaje de elementos de máquinas a través de metodologías basadas en proyectos: Ventajas y límites". IV Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (IV CAEDI). Buenos Aires.
[2] Quintana Santana, J.M.; Socorro Bermúdez, M.; Yáñez Santana, M. A.; Martel Fuentes, O. (2005). "Aprendizaje basado en proyectos (ABPY) en Ingeniería mecánica". VII Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. México.
[3] Agosta, Rodrigo; Alzugaray, Gloria (2010). "Problemas integradores como formadores de competencias en los estudiantes, futuros profesionales de la ingeniería". II Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica (II°CAIM 2010). San Juan, Argentina.
[4] Zambrano, Daniel Alberto. "Utilización de proyectos y portafolio para una asignatura de Ingeniería electromecánica". Fuente: http://www.caedi.org.ar/pcdi/Area%201/1-25.PDF
[5] Santa Lozano, José; Zamora Izquierdo, Miguel Ángel; Ubeda Miñarro, Benito, "El aprendizaje basado en proyectos en materias de ingeniería informática y sus implicaciones", I Jornadas "Nuevas Tendencias en la Enseñanza de las Ciencias y las Ingeniería". Murcia, España, 2009
[6] Rodríguez-Sandoval, Eduardo; Cortés-Rodríguez, Misael, "Evaluación de la estrategia pedagógica: "Aprendizaje basado en proyectos": percepción de los estudiantes", Revista da Avaliação da Educação Superior, Sorocaba - São Paulo, V.15, N°1, pp 143-158.2010
[7] Quintana, J.M.; Socorro, M.; Yáñez, A.; Martel, O., "El proyecto como herramienta de aprendizaje", XIII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Maspalomas, Gran Canaria, 2005.
[8] Vilche, Ernesto; Marchueta, Julián; Rapallini, José Antonio; González, Mónica L. (2011). "Formación en competencias y aprendizaje basado en proyectos. Trabajo final de materia como estrategia metodológica". Primeras Jornadas de Investigación y Transferencia. Argentina.
[9] Ferreiro, Alejandro R.; Gonzalez, Luis R. (2008). "Desarrollo y fortalecimiento de Competencias en Ingeniería mediante Aprendizajes Basados en Proyectos". VI Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (VI CAEDI). Salta, Argentina.
[10] Argudín Vázquez, Yolanda. "Educación basada en competencias". Fuente: http://educacion.jalisco.gob.mx/consulta/educar/19/argudin.html
[11] Cordero, M. C.; Rapallini, J. A.; Paús, P. S.; Staiano, M. A.; Gialonardo, J. I.; Ferrari, F. A.; Blasetti, F. H. (2008) "Educación basada en Competencias en la Cátedra de Proyecto Final de Ingeniería Electrónica". VI Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (VI CAEDI). Salta, Argentina.
[12] Aquino R., José Antonio; Corona, Leonel, Fernández, Cecilia, "La estrategia basada en proyectos, promoviendo creatividad y actitud emprendedora", XX Encuentro Pedagógico Carmen Meda,
[13] Ministerio de Educación de la Nación Argentina (2001). Resolución 1232/01. Disponible en: http://www.coneau.gov.ar/archivos/538.pdf

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

SOFTWARE DIDÁCTICO: INFLUENCIA DE DISTINTAS VARIABLES EN LA DUREZA FINAL DE UNA PIEZA DE ACERO TEMPLADA Y REVENIDA.

Yanzón, Rodolfo*, Aranda, Virginia[1], Seminara, Gastón[1], Sánchez, Arlington, Ponce, Alejandro, Aguilera, Diego[1]

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Instituto de Mecánica Aplicada.
Av. Lib. Gral. San Martin este Nº 1109 – San Juan Capital, CP5400, Prov. de San Juan
ima@unsj.edu.ar

(1) Universidad Nacional de San Juan, Fac. de Ingeniería, Dpto. de Ingeniería Electromecánica
Av. Lib. Gral. San Martin este Nº 1109 – San Juan Capital, CP5400, Prov. de San Juan

RESUMEN.
El programa desarrollado en MATLAB, es una herramienta informática que predice la dureza que tendrán puntos a lo largo del radio o el espesor de una pieza construida con acero, luego de ser templada y revenida. El modelo funciona sobre la base de adjudicarle a la pieza, la misma dureza que tiene una probeta Jominy construida con el mismo acero y revenida a la misma temperatura. Para la comparación de velocidades de enfriamiento entre pieza y probeta, en el instante que pasan por 705ºC, se utiliza un algoritmo desarrollado utilizando el método de volúmenes finitos. La dureza de las probetas Jominy revenidas, en función de la distancia al extremo templado, la composición química y el tamaño de grano del acero utilizado y la temperatura de revenido, se calcula utilizando ecuaciones polinómicas, desarrolladas a partir del tratamiento de datos experimentales y teórico/ideales de probetas construidas con acero SAE 4340H. Las variables ingresadas como datos son: a) forma y medida de la sección de la pieza b) composición química y tamaño de grano del acero c) medio de temple, temperatura y velocidad relativa entre pieza y medio d) temperatura y tiempo del revenido. El resultado es el valor de dureza que tienen 11 puntos a lo largo del radio o semiespesor de la pieza, que aparecen como tabla y gráfico. La carga de datos y la obtención de resultados insume aproximadamente un minuto. Además el programa puede mostrar simultáneamente los resultados de hasta 5 alternativas de datos cargados para hacer posible su comparación. Es una herramienta didáctica útil para comprender y evaluar la influencia que puede tener cada una de las principales variables involucradas en un tratamiento de temple y revenido

Palabras Claves: software, pieza, acero, temple, revenido

1. INTRODUCCIÓN

Las transformaciones estructurales martensíticas y/o bainíticas, tienen en las piezas de acero mucha importancia por las notables modificaciones que producen en sus propiedades mecánicas. Y como esas transformaciones se producen casi sin excepción a través de procesos de calentamiento y enfriamiento, tienen marcada influencia en sus resultados, tanto el material utilizado, como las condiciones en que cada punto de la pieza es calentado y enfriado. Por esa razón, ha sido objeto de muchos trabajos de investigación, el análisis de las variaciones estructurales y la consiguiente modificación en las propiedades mecánicas, desde la superficie hacia el centro, de una pieza sometida a tratamientos térmicos de endurecimiento.

Los programas de simulación de este tipo de tratamientos pueden ser clasificados como:

a) programas de predicción de propiedades

b) programas de planificación de procesos, selección de materiales y bases de datos

c) programas para el análisis técnico y económico de procesos térmicos

d) aplicación de elementos finitos para la modelación de los efectos de la severidad de temple, el control dimensional y la distorsión en piezas

La herramienta computacional aquí descripta es una optimización de la presentada en [1], tiene como objeto la predicción de dureza en distintos puntos de una pieza y está, por lo tanto, dentro del grupo de programas de predicción de propiedades. Utiliza para ello, modelos estáticos basados en fórmulas empíricas y modelos dinámicos basados en ecuaciones diferenciales.

Básicamente lo que se describe es un programa sencillo que permite predecir los valores de dureza que tendrá, a lo largo de su espesor, una pieza mecánica redonda, cuadrada o fabricada en chapa, de acero SAE 4340H, templada y revenida. Es decir, permite obtener la comúnmente denominada “Curva U de Dureza” (CUD). Los datos que se requieren para ello son, la forma y dimensiones de la pieza, la composición química y el tamaño de grano austenítico del acero con que la misma será construida, y los datos relativos a los procesos térmicos, es decir el medio de enfriamiento utilizado en el temple, sus condiciones y la temperatura y tiempo de revenido.

Cabe aclarar que si bien este trabajo recorre caminos ya transitados por otros investigadores, difiere fundamentalmente en la simplicidad de las herramientas matemáticas y computacionales utilizadas. Para su obtención, se han realizado mediciones de dureza en probetas Jominy revenidas y se han adjudicado valores a partir de la bibliografía disponible, de modo de poder procesar matemáticamente esos datos y deducir ecuaciones representativas de comportamiento. Las expresiones matemáticas obtenidas a partir de las actividades descriptas, han sido introducidas en un programa sencillo, que provee los valores de la curva “U” buscada. El resultado, pretende ser una herramienta de diseño sencilla y con márgenes aceptables de error, que permita, en el momento de seleccionar el acero a usar en una pieza mecánica, una verificación rápida de las prestaciones del material tratado, para compararlas con los esfuerzos previstos por el cálculo de solicitaciones. Y al dar resultados rápidos, permite mostrar en un proceso de enseñanza/aprendizaje, como influye cualitativamente y cuantitativamente, cada una de las variables que participan en un tratamiento de temple y revenido.

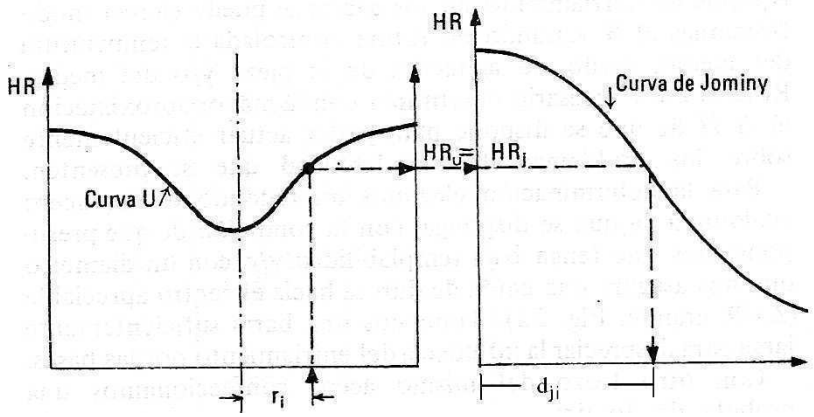


Figura 1. *Un algoritmo determina la velocidad de enfriamiento de los puntos de la pieza, en función del medio de temple, para adjudicarles la dureza de los puntos Jominy que se enfrían con la misma velocidad.*

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTOS

2.1. Fundamentos

El principio en que se basa este trabajo es: "Los puntos de un redondo enfriado en un medio de severidad de temple H y los puntos de una probeta Jominy construida con un acero de características idénticas, que se enfríen con la misma velocidad, tendrán la misma dureza. Y seguirán teniendo la misma dureza, si ambos puntos son revenidos a la misma temperatura durante el mismo tiempo". No se consideran las transformaciones de fase que puedan alterar las curvas de enfriamiento ni las tensiones que los tratamientos térmicos puedan ocasionar en piezas de formas complicadas. Las Figuras 1 y 2 dan una explicación gráfica de lo expuesto.

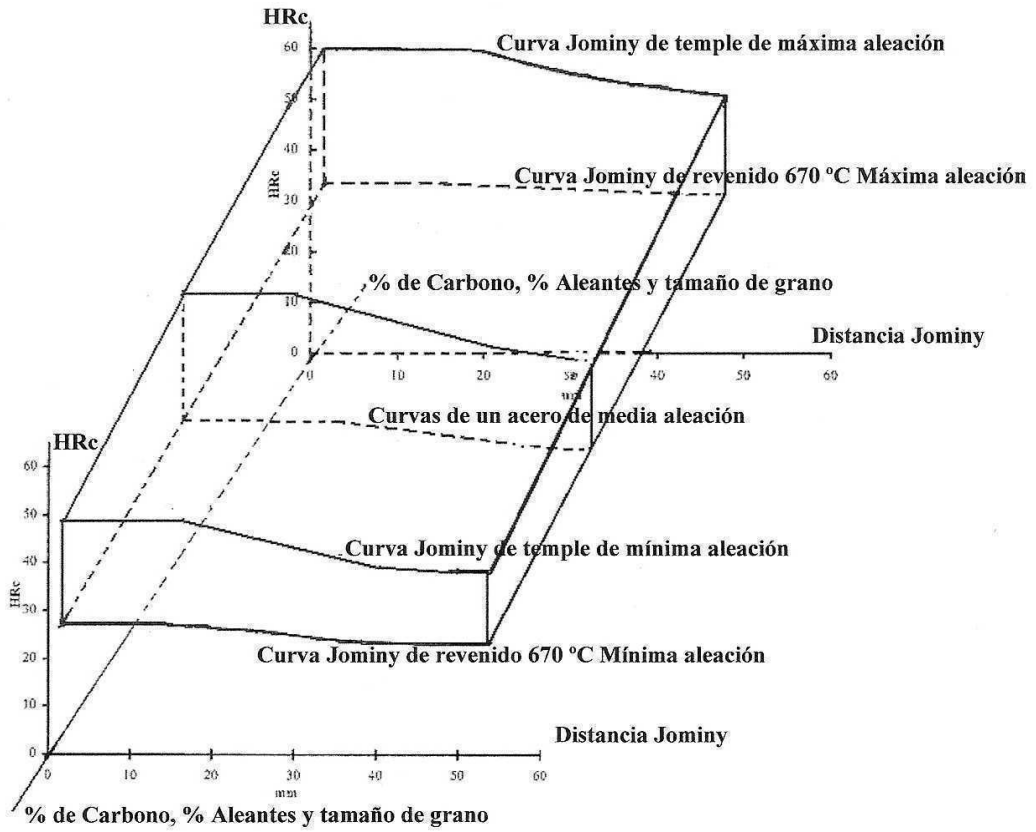


Figura 2. *La dureza del punto Jominy se obtiene mediante fórmulas polinómicas, en función de la distancia al extremo templado, la composición química y el tamaño de grano del acero y la temperatura de revenido.*

2.2. Definición de procedimientos

El trabajo puede ser divido en cinco etapas fundamentales:

- Generación de una base de datos que abarque el volumen de la Fig. 2., es decir el comprendido por curvas Jominy de revenido entre 190 y 670ºC, correspondientes, en un extremo, a un acero SAE con la máxima composición química admitida por Norma [2,3], y en el otro extremo, al acero de la misma designación SAE pero con la mínima composición.
- Desarrollo de expresiones matemáticas que, deducidas a partir de la base de datos generada en la etapa anterior, sean capaces de predecir la dureza que tiene los puntos de una probeta Jominy revenida. Los valores se obtienen en función de: a) la composición química del acero utilizado, con la condición que esté dentro del rango aceptado por la Norma SAE, b) el tamaño de grano austenítico del acero, de 5 a 8 clasificación ASTM, c) la temperatura a la que se realiza el revenido de la probeta, cualquiera comprendida entre 190 y 670 ºC, durante una hora.

- Desarrollo de un algoritmo matemático que defina la velocidad con que se enfrían los distintos puntos de un redondo templado con diversos medios, para adjudicarles la dureza que tienen los puntos Jominy que se enfríen con esa misma velocidad.
- Incluir el efecto del tiempo de revenido que se le aplicará a la pieza.
- Con los resultados de las etapas anteriores, generar un proceso computacional sencillo, que contando con los datos necesarios, pueda predecir en un grado de aproximación aceptable, los valores de la "CUD" que tendrá la pieza que está siendo diseñada.

3. GENERACIÓN DE LA BASE DE DATOS

3.1. Fabricación y tratamiento térmico de probetas Jominy

Tanto el proceso de fabricación de las probetas Jominy como sus tratamientos térmicos fueron realizados de acuerdo a lo especificado en la Norma MERCOSUR 259:2001 [4]. De dos barras de acero SAE 4340H de distinta composición química, se extrajeron nueve probetas Jominy, templadas primero y posteriormente revenidas a una de las nueve temperaturas indicadas en la Fig.3, para medir durezas HRc según norma IRAM IAS 500-105 [5]. La medición del tamaño de grano ASTM se hizo con reactivo de Vilella, comparando según norma MERCOSUR 241:2001. [6].

3.2. Ampliación de la base de datos

Para ampliar el universo de la base de datos se tomó la decisión de incorporar curvas Jominy creadas a partir de la información suministrada por la bibliografía disponible. Para eso se trazaron curvas Jominy de revenido correspondientes a nueve aceros SAE 4340, tres con máximo carbono, tres con medio y tres con mínimo carbono y a su vez, con máxima, media y mínima cantidad de los demás aleantes, todo en función de lo definido por las bandas "H". Se los supuso con un grano tamaño 7 según ASTM. Los planos que estas curvas forman son los de máxima, media y mínima composición de la Fig. 2. El procedimiento usado fue calcular las curvas teóricas de temple de cada acero y a partir de ellas, trazar curvas Jominy revenidas a determinadas temperaturas, adjudicándoles los decaimientos de dureza y las formas, en función de la información obtenida de bibliografía [7, 8, 9, 10, 11] y los valores medidos en las probetas reales.
En la elección de la fórmula utilizada para calcular teóricamente las curvas Jominy de temple, se tuvo en cuenta una comparación [1] de los resultados que proveen las expresiones de: a) Grossmann [12], b) Just [13], c) U.S. Steel Atlas, [14], d) Kirkaldy [15]. Como resultado de esa comparación las fórmulas usadas para calcular las curvas Jominy de temple son:

Fórmula de Just modificada según [1]:

$$HRc_{0\text{-}X} = 60\sqrt{C} + 18{,}7 \qquad (1)$$

Fórmula de Just modificada por Kirkaldy [15]:

$$HRc_{X\text{-}32} = 98\sqrt{C} - 0{,}025E^2\sqrt{C} + 20Cr + 6{,}4Ni + 19Mn + 34Mo + 28V + 5Si - 24\sqrt{E} + 2{,}86E - 0{,}82A - 1{,}00 \qquad (2)$$

donde:
HRc $_{0\text{-}X\ \text{-}32}$: Dureza HRc, para valores de E de **0** a **X** y de **X** a **32**, con **X** variable según la composición química del acero
E: Distancias al extremo templado en 1/16"
A Tamaño de grano austenítico ASTM

4. PREDICCIÓN DE CURVAS JOMINY DE REVENIDO. MÉTODO DE LAS POLINÓMICAS

4.1. Dureza en función de la temperatura de revenido

El procedimiento seguido para encontrar expresiones matemáticas capaces de representar la dureza que tienen los puntos de una probeta Jominy revenida, teniendo como datos la composición química y el tamaño de grano del acero utilizado, más la temperatura de revenido, está explicado de manera detallada en [1].
Básicamente consiste en encontrar, a partir de la base de datos, una fórmula que cuantifique la dureza que tiene un punto de una probeta Jominy construida con un acero determinado, si es revenida a varias temperaturas, en función inicialmente, de la temperatura de revenido .Tal expresión matemática puede ser una ecuación polinómica de grado variable entre 2 y 6 y el grado de exactitud de resultados depende directamente del grado de la ecuación, que es naturalmente de la forma:

$$Hrij = Aij \cdot Temp^{n} + Bij \cdot Temp^{n-1} + \ldots + Eij \cdot Temp^{2} + Fij \cdot Temp + Gij \quad (3)$$

donde:

Hrij: Dureza teórica en un punto de la probeta revenida

Temp: Temperatura de revenido para la cual se hace la predicción deseada (de 190 a 670 ºC)

Aij, *Bij*, *Eij,* *Fij* y *Gij* : coeficientes de la ecuación que expresa la dureza que tiene un punto *ij* en probetas Jominy construidas con un acero definido, revenidas a *Temp*.

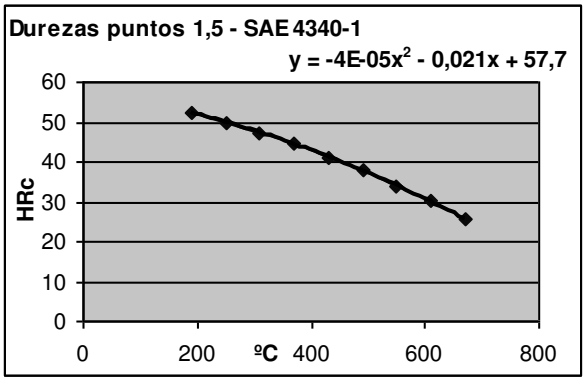


Figura 4*. Ejemplo de deducción de la ecuación predictiva de durezas para el punto1.5 mm*

Tabla 1 *Resultados de aplicar para el punto 1.5 mm, la ecuación deducida en la Figura 4*

Revenido º C	HRc medida	HRc calculada	Diferencia	Error en %
190	52,00	52,27	-0,27	-0,51
250	49,00	49,95	-0,95	-1,94
310	46,00	47,35	-1,35	-2,93
370	44,00	44,45	-0,45	-1,03
430	42,00	41,27	0,73	1,73
490	39,00	37,81	1,19	3,06
550	35,00	34,05	0,95	2,71
610	30,00	30,01	-0,01	-0,02
670	25,00	25,67	-0,67	-2,70

Aplicando este procedimiento para un número suficiente de puntos ***ij***, es posible reproducir curvas teóricas de revenido como las de la Figura 5, para cualquier temperatura, siempre en relación al acero medido o uno de una composición química muy aproximada. Con ecuaciones de 2º grado**,** el error máximo es ± 4 %, aproximadamente ± 2 HRc para altas durezas y ± 1 HRc para las bajas.

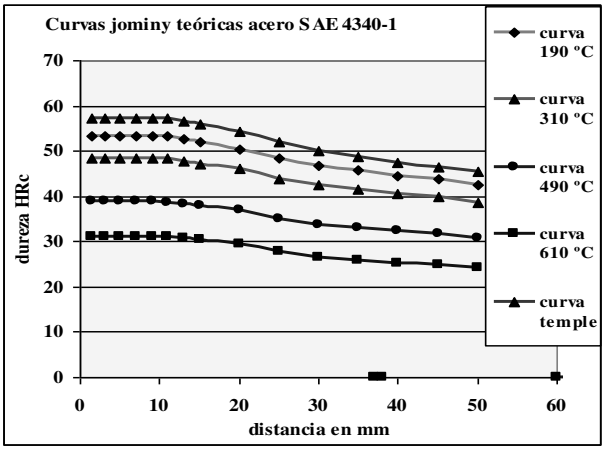


Figura 5 *Curvas Jominy teóricas de temple y revenido para un Acero SAE 4340 determinado*

4.2. Dureza en función de la composición química y el tamaño de grano

En los pasos siguientes se busca la relación de la dureza, no solo ya con respecto a la temperatura de revenido, sino también con la composición química del acero y el tamaño de grano. En este punto se tuvo en cuenta que en los aceros, a diferencia de cualquier otro elemento, el carbono actúa en dos sentidos [7, 16, 17, 18]. Por un lado, como cualquier aleante, aumenta la templabilidad. Por el otro, y eso lo distingue de los demás, aumenta la dureza de la martensita en proporción al contenido con que esté presente en ella. Por eso, es necesario encontrar primero la relación entre las curvas de revenido y los aleantes con el carbono actuando como uno más y posteriormente, hallar la relación con el carbono actuando como endurecedor de la martensita.

Así, el acero SAE 4340 se divide en ocho tipos de acero, cada uno con un porcentaje de carbono fijo y con los aleantes variando según la norma SAE. El banco de datos queda conformado por: tres aceros con 0,44% de carbono, con máxima, media y mínima composición en aleantes, otros tres también con la misma variación en aleantes pero con 0,43% de carbono, tres más para 0,42 % y así sucesivamente, hasta llegar a los tres correspondientes a 0,37% de carbono. En total 26 composiciones químicas distintas contando las de los aceros medidos experimentalmente.

4.2.1 *La magnitud representativa de la influencia de los elementos aleantes*

Para hallar la relación entre la curva Jominy revenida y los aleantes contenidos en el acero, es necesario representar a estos con una magnitud. Como tal, se utiliza la sumatoria de los coeficientes que Grossmann propone para el cálculo teórico del Diámetro Critico Ideal (Martensita 50%). Deducidas las ecuaciones que den cómo resultado los coeficientes de cada elemento en función del porcentaje, introduciendo en ellas la composición de cada acero y realizando la correspondiente sumatoria, se pudo adjudicar a cada uno de los aceros que forman el banco de datos, un número representativo de su composición química denominado en el programa como *Sumatoria aleantes.* Además, como Grossmann hace participar al carbono en su acción sobre la templabilidad, con cuatro coeficientes relacionados con los tamaños de granos ASTM, del 5 al 8, el valor *Sumatoria aleantes* es también función del tamaño de grano.

$$Sumatoria\ aleantes\ (\Sigma) = Coef\ Carbono_{(x)} + Coef\ Mn + \ldots\ldots + Coef\ otro \quad (4)$$

$$DC\ Ideal_{(50\%)}" = 0{,}20541\times\Sigma^6 - 0{,}6102\times\Sigma^5 + 1{,}15048\times\Sigma^4 - 0{,}60275\times\Sigma^3 + 0{,}578\times\Sigma^2 + 0{,}173\times\Sigma + 0{,}106 \quad (5)$$

4.3. Método de las Polinómicas

Por pasos sucesivos, se puede hallar una ecuación polinómica que dé la dureza de un punto en una curva Jominy, en función de: a) su posición respecto del extremo templado, b) la composición química y tamaño de grano del acero empleado c) la temperatura de revenido. La ecuación de 2º grado (3) se va transformando en ecuaciones del tipo (6), con coeficientes reemplazados por expresiones, función de la composición química y el tamaño de grano primero, función de la distancia al extremo templado después y finalmente en función del porcentaje de carbono.

$$HRc15 = (([b\ \text{de}\ A]_1 \cdot Sumatoria\ aleantes + [c\ \text{de}\ A]_1) \cdot Temp^2) + (([b\ \text{de}\ B]_1 \cdot Sumatoria\ aleantes + [c\ \text{de}\ B]_1) \cdot Temp) + ([a\ \text{de}\ C]_1 \cdot Sumatoria\ aleantes^2 + [b\ \text{de}\ C]_1 \cdot Sumatoria\ aleantes + [c\ \text{de}\ C]_1) \quad (6)$$

donde:

HRc15mm: dureza a 15 mm del extremo templado, de una probeta en SAE 4340, C=0,41%, en función de su composición química, tamaño de grano y temperatura de revenido

$[x\ \text{de}\ X]_1$= valores de los coeficientes para el punto 15 mm y carbono 0, 41% (Tabla 2)

Tabla 2*: Coeficientes en función de la composición química para dij 15 mm y C = 0,41%*

Ecuación	Coeficientes	Valores
(6)	**[b de A]$_1$**	- 0,00000937
	[c de A]$_1$	- 0,0000221
	[b de B]$_1$	- 0,0041
	[c de B]$_1$	- 0,0126
	[a de C]$_1$	- 16,0
	[b de C]$_1$	+74,0
	[c de C]$_1$	- 26,6

Si se reemplazan los coeficientes [x de X]$_1$ por las expresiones [x de X]$_2$ de la Tabla 3, la ecuación (6) quedará de la forma:

HRc$_{0,41}$ = (([b de A]$_2$ *Sumatoria aleantes* + [c de A]$_2$) *Temp*^{2}) + (([b de B]$_2$ *Sumatoria aleantes* + [c de B]$_2$) *Temp*) + ([a de C]$_2$ *Sumatoria aleantes*^{2} + [b de C]$_2$ *Sumatoria aleantes* + [c de C]$_2$) (7)
donde

[b de A]$_2$ = valor que tomarán los coeficientes de la ecuación en función de dj_i

Tabla 3: *coeficientes de la ecuación (7), función de la distancia al extremo templado. Carbono 0,41%*

Ecuación Nº	Coeficientes	**Valores**
(7)	[b de A]$_2$	6,2088E-14 dij^6 - 8,0124E-12 dij^5 + 3,3284E-10 dij^4 - 3,07126E-09 dij^3 - 1,05974E-07 dij^2 + 1,2086E-06 dij - 2,405E-06
	[c de A]$_2$	-1,1282E-13 dij^6 + 1,435426E-11 dij^5 - 5,78293E-10 dij^4 + 4,30867E-09 dij^3 + 2,211513E-07 dij^2 - 2,39806E-06 di j- 3,5284E-05
	[b de B]$_2$	8,70445E-11 dij^6 - 1,257783E-08 dij^5 + 6,47497E-07 dij^4 - 1,34905E-05 dij^3 + 8,02325E-05 dij^2 + 1,104E-05 dij - 4,46E-04
	[c de B]$_2$	-1,970046E-10 dij^6 + 2,861834E-08 dij^5 - 1,485288E-06 dij^4 + 3,14059E-5 dij - 1,94495E-04 dij^2 + 4,40872E-05 dij - 2,109E-02
	[a de C]$_2$	1,9645822E-07 dij^6 - 2,9334933E-05 dij^5 + 1,5697674E-03 dj^4 - 3,364346E-02 dij^3 + 1,67323E-01 dij^2 +3,881E-01dij - 2,165
	[b de C]$_2$	- 8,793854E-07 dij^6 + 1,3045033E-04 dij^5 - 6,926059E-03 dij^4 + 1,4694735E-01 dij^3 - 7,07653E-01 dij^2 - 1,8941 dij + 13,285
	[c de C]$_2$	9,75781E-07 dij^6 - 1,4393186E-04 dij^5 + 7,587073E-03 dij^4 - 1,592868E-01 dij^3 + 7,34436E-01 dij^2 + 2,352 dij + 39,92

A su vez reemplazando en las expresiones [x de X]$_2$ las [x de X]$_3$ mostradas en la Tabla 4, la expresión [7] se transforma en (8)

HRc$_{5mm}$ = (([b de A]$_3$ *Sumatoria aleantes* + [c de A]$_3$) *Temp*^{2}) + (([b de B]$_3$ *Sumatoria aleantes* + [c de B]$_3$) *Temp*) + ([a de C]$_3$ *Sumatoria aleantes*^{2} + [b de C]$_3$ *Sumatoria aleantes* + [c de C]$_3$ (8)
donde

HRc $_{5mm}$ = 52,3

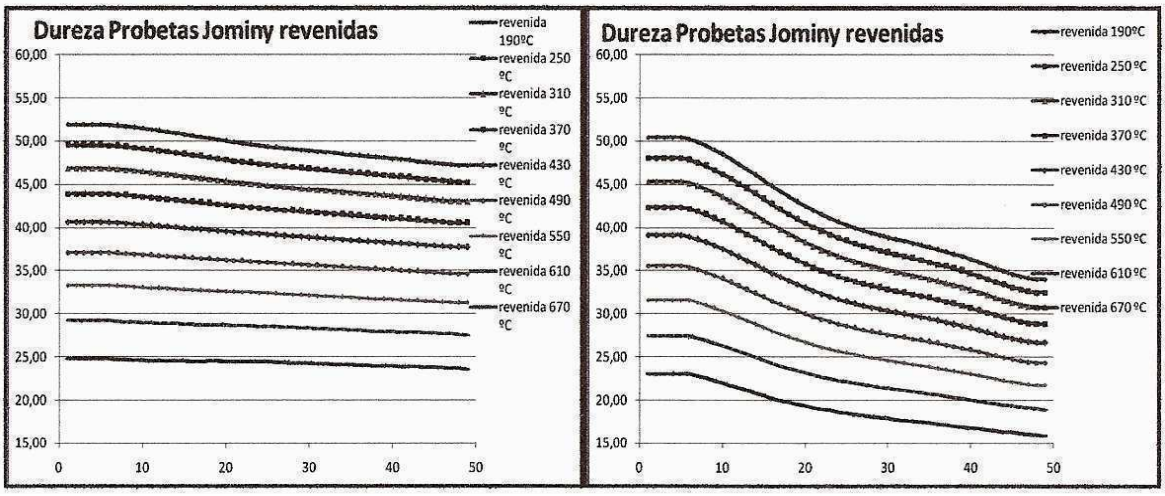
si:

Carbono = 0,41%; *Sumatoria aleantes* = 1,932 y *Temp* = 190 ºC

Tabla 4 *Coeficientes para el cálculo de dureza del punto ij = 5, en función del contenido de Carbono*

Coeficientes Ecuación (8)	**Para ij = 5 mm**
[b de A]$_3$	0,0000000 Carbono + 0,0000008
[c de A]$_3$	- 0,0000000 Carbono - 0,0000415
[b de B]$_3$	- 0,000000 Carbono + 0,000295
[c de B]$_3$	0,00000 Carbono - 0,02265
[a de C]$_3$	-603042394,5938 Carbono^6 + 1476437132,7472 Carbono^5 - 1504642399,7061 Carbono^4 + 816976484,1383 Carbono^3 - 249267446,6287 Carbono^2 + 40520717,6562 Carbono - 2741801,4457
[b de C]$_3$	-3233411834 Carbono^6 + 7913185012,73 Carbono^5 - 8061151098,8846 Carbono ^{4} + 4375270480,3816 Carbono^3 - 1334432503,4897 Carbono^2 + 216843692,6449 Carbono - 14666815,6719
[c de C]$_3$	3169697675 Carbono^6 - 7759435278,625 Carbono^5 + 7907063904,4063 Carbono^4 - 4293187181,5385 Carbono^3 + 1309922208,5977 Carbono^2 - 212954513,0197 Carbono + 14410693,7613

Aplicando este procedimiento, se pueden trazar curvas teóricas como las que se muestran a continuación:



(a) **(b)**

Figuras 6 *Curvas Jominy teóricas. Aceros:* ***a)*** *C = 0,40 % media aleación* ***b)*** *C = 0,37 % mínima aleación*

5.- RELACIÓN ENTRE LOS PUNTOS JOMINY Y LOS PUNTOS DE LA PIEZA.

5.1. Velocidad de enfriamiento

Ya que la velocidad de enfriamiento es la magnitud de comparación, se hace necesario definir con exactitud el instante en que dicha magnitud se mide, para luego verificar el cumplimiento de la siguiente igualdad:

$$v_{ei} = v_{eij} \tag{9}$$

donde:

v_{ei} es la velocidad de enfriamiento en el punto *i* de la pieza.
v_{ejj} es la velocidad en el punto de la probeta Jominy con que se corresponde.

Una opción es considerarla en el valor instantáneo que tiene a una cierta temperatura, la otra es tener en cuenta el tiempo transcurrido para que la temperatura baje desde un valor a otro. Jominy [19] elaboró sus teorías considerando que si las velocidades de enfriamiento eran iguales al pasar por la temperatura de 705 º C, los valores de dureza serían siempre aproximadamente iguales. Otros investigadores miden la velocidad entre un lapso de temperaturas, específicamente entre la de temple y una media entre la del temple y la del medio de enfriamiento.
Por disponer en la bibliografía con tablas que indican las velocidades de enfriamiento que le corresponden a cada uno de los puntos de la probeta Jominy al pasar por 705 º C [16], que es una de las magnitudes a comparar, fue elegida la opción de la velocidad instantánea.

5.2. Determinación de la velocidad de enfriamiento en los puntos de la pieza

El modelo matemático a resolver, está constituido por la ecuación diferencial de la conducción del calor en coordenadas cilíndricas, unidimensional, para estado no estacionario y sin fuente de calor. Es la expresión indicada como (10)

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r\frac{\partial T}{\partial r}\right] = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t} \tag{10}$$

donde ***r*** es el radio, ***T*** la temperatura, ***t*** el tiempo y ***α*** la difusividad térmica del material dado y

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p} \tag{11}$$

donde ρ es *la* densidad del material, c_p es el calor específico a presión constante del material y *k* la conductividad térmica del material. Las propiedades físicas del material se suponen constantes.

Las condiciones de borde aplicadas para resolver esta ecuación diferencial corresponden a una condición de simetría en el centro del cilindro, expresada por (12)

$$\left.\frac{\partial T}{\partial r}\right|_{r=0} = 0 \qquad (12)$$

y de una condición de borde de convección en la superficie dada por (13), que expresa que el calor que se transmite por conducción en la pieza es igual al calor transmitido por convección en el medio (expresiones de Fourier y Newton)

$$-k\left.\frac{\partial T}{\partial r}\right|_{r=r_e} = h\,(T_{r_e} - T_\infty) \qquad (13)$$

donde r_e es el radio exterior de la pieza, h es el coeficiente de convección del fluido de enfriamiento y T_∞ es la temperatura del fluido de enfriamiento.
Para resolver la ecuación diferencial, junto con las condiciones de borde, se ha utilizado el método de los volúmenes finitos, resolviendo el sistema de ecuaciones resultantes en forma implícita, por el método conocido como TDMA. (Tri-diagonal Matrix Algorit.) Para discretizar el radio, se han utilizado 100 volúmenes de control de tamaño uniforme. Con el campo de temperaturas determinado para cada instante, las velocidades de enfriamiento de los puntos de la pieza son función del medio de enfriamiento.

5.3. Severidad de temple.

La influencia del medio de enfriamiento ha sido considerada en el algoritmo descripto en el punto anterior, mediante la magnitud definida por Grossmann como **"**Severidad de temple H_G". El mismo se deduce a partir de considerar que el coeficiente de transferencia calórica ***h*** es:

$$h = q / S\,(T_1 - T_2) \qquad (14)$$

donde:

q: calor transferido desde la pieza al medio
T_1: temperatura de la pieza
T_2: temperatura del medio
S: área considerada

Grossmann define el denominado "coeficiente de severidad de temple" a partir de:

$$"H_G" = h/2k \qquad (15)$$

siendo:

k: conductividad del metal

El programa utiliza los valores tradicionalmente aceptados de "H_G" para varios medios, cada uno con diversas alternativas de temperatura y velocidad entre pieza y medio.

.

5.4. Distancias Jominy en función de la velocidad de enfriamiento

Con datos de tabla tomada de [16] se pueden deducir expresiones que tengan como resultado la velocidad de enfriamiento que tienen los puntos dij de las probetas Jominy al pasar por 705 ºC. Usando a los resultados de estas fórmulas como serie de datos, pudieron hallarse las expresiones (16) y (17), que ponen a la distancia Jominy en función de la velocidad de enfriamiento, por ser éste el dato que para cada punto de la pieza, provee el algoritmo desarrollado en la subsección 5.2 De modo que, teniendo en cuenta a (9), será:

$$d_{ij} = -3{,}621 \ln v_{ei} + 21{,}83 \quad \text{para } v_{ei} \text{ desde } \underline{\mathbf{274}} \text{ hasta } \underline{\mathbf{27}}\ ºC/sg \qquad (16)$$

y

$$d_{ij} = 73\, v_{ei}^{-6{,}15} + 0{,}3 \quad \text{para } v_{ei} \text{ menor a } \underline{\mathbf{27}}\ ºC/sg \qquad (17)$$

5.5. Piezas no redondas: chapas y barras cuadradas

De [21] es posible obtener gráficos que definen la relación de enfriamiento que tiene el centro de una chapa con respecto a puntos Jominy, mediante el concepto de redondo equivalente. Usando

ecuaciones que reproducen esa relación, el programa da resultados para piezas construidas en chapa y barras cuadradas, con agua y aceite tranquilos como medios de temple.

6.- INCIDENCIA DEL TIEMPO DE REVENIDO

6.1. Procedimiento

Debido a que los valores de dureza son calculados para revenidos de una hora, es necesario modificarlos en base al tiempo de revenido previsto para la pieza. Para ello se utiliza la expresión (21) desarrollada por J. H. Hollomon y L. D. Jaffe, [21] que permite extender el resultado del cálculo a distintas combinaciones temperatura-tiempo, por fijar la relación entre estas dos magnitudes y el ablandamiento que produce el revenido.

$$Teq = T^*(c + lg\ t) \qquad (18)$$

donde:

c: constante función del % de carbono del acero, igual a 18 para valores entre 0,30 y 0,60%
T: temperatura en grados Kelvin
t: tiempo de revenido en hs

Como el tiempo utilizado en el revenido de las probetas fue una hora, (18) se transforma en:

$$HRc_r = HRc_c * \frac{(18 + \log 1)}{(18 + \log t)} \qquad (19)$$

donde:

HRc_c = HRc calculada para revenido de una hora
HRc_r = HRc real función del tiempo de revenido.

7.- HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

7.1. Introducción

Con las ecuaciones descriptas en los puntos anteriores y utilizando cualquier software de creación de programas, es posible obtener la herramienta computacional buscada. A continuación, se describe un programa desarrollado mediante una combinación de dos de ellos. Los pasos generales del programa se hicieron en base a MATLAB, en tanto que las velocidades de enfriamiento de la pieza fueron provistas por un ejecutable hecho en base a FORTRAN.

7.2 Descripción del Programa

7.2.1 Introducción

Utilizando MATLAB y su función GUIDE se programa un entorno visual (Fig. 7) compuesto de:

- celdas para introducir los datos necesarios
- un botón para iniciar el cálculo
- celdas que entreguen los resultados obtenidos.

7.2.2 Descripción de pasos

- Paso 1

Elegir forma de la pieza. Para redondos el programa permite diámetros de 30 a 180 mm. Para barras cuadradas admite espesores de 140 mm y en chapa hasta 110 mm

- **Paso 2**

Cargar datos de composición química del acero. El Programa indica cuales son los valores que definen el rango aceptado por la Norma SAE4340 H

- **Paso 3**

Introducir tamaño de grano ASTM (5 a 8)

- **Paso 4**

Introducir el "coeficiente de película" si se le conoce. En caso contrario se deja en blanco y se va al paso siguiente.

- **Paso 5**

Se elige el medio de enfriamiento, su temperatura y la velocidad relativa que tiene con respecto a la pieza, en una serie de celdas con opciones para ello. La elección da como resultado el valor de la severidad de temple "H_G" y simultáneamente, el valor del Coeficiente de Película que necesita el programa, para calcular la velocidad de enfriamiento en los puntos de la pieza.

- **Paso 6**
  Se introduce la temperatura de revenido en la celda correspondiente. El rango va desde los 190 a los 670 ºC y si la temperatura elegida está entre 220 y 390 ºC ó 450 y 525 ºC, pide confirmación con un aviso que dice "Zona de posible fragilidad".
- **Paso 7**
  Se introduce el tiempo de revenido comprendido entre 1 y 10 hs
- **Paso 8**
  Se presiona el botón "CALCULAR" y el programa ejecuta las siguientes operaciones:
  Paso 8.1 Calcula el valor "Sumatoria aleantes" con la expresión (5).
  Paso 8.2 Un programa realizado con sentencias FORTRAN, resuelve las expresiones mostradas en la Sección 5 y provee las velocidades de enfriamiento para 11 puntos de la pieza, distribuidos desde el centro a la superficie.
  Paso 8.3 Introduciendo los 11 valores de velocidad de enfriamiento en las expresiones (16 y 17), el programa encuentra los puntos Jominy que tienen la misma velocidad de enfriamiento que los 11 puntos de la pieza.
  Paso 8.4 Calcula el valor de dureza de los 11 puntos Jominy, mediante la expresión (8) que le corresponde a cada uno.
  Paso 8.5 Utilizando la expresión (19), se afecta, en función del tiempo de revenido, el valor de dureza determinado para cada punto Jominy y por consiguiente, el correspondiente a cada de los 11 puntos de la pieza.
- **Paso 9**
  El programa muestra en la ventana de comando, los resultados en forma de columnas donde la primera indica los puntos de la pieza, la segunda los puntos Jominy con la misma velocidad de enfriamiento, la tercera, la dureza calculada y la cuarta la resistencia aproximada en Kg/mm^2
- **Paso 10**
  El Programa muestra en la ventana, un gráfico con la Curva de Durezas Teóricas en la pieza.

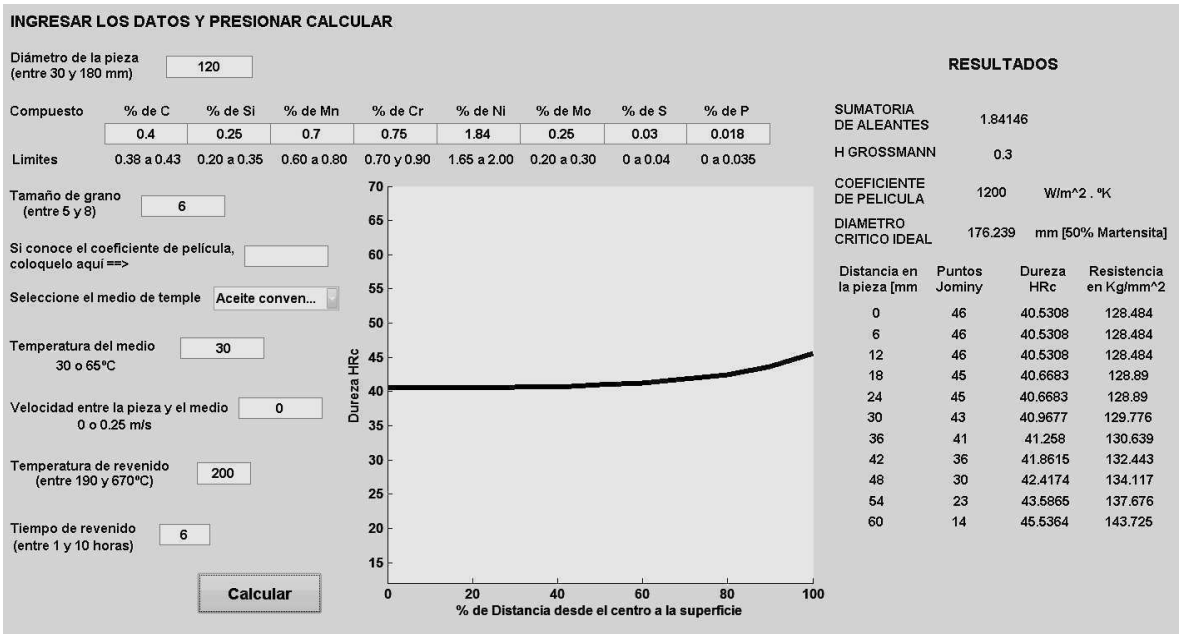


Figura 7: *Ventana del programa MATLAB, con celdas de carga de datos y resultados*

8. - CONCLUSIONES

- El método de las polinómicas reproduce datos experimentales, con error menores a ± 5 %
- El algoritmo que define las velocidades de enfriamiento en la pieza, provee resultados que difieren en ± 1% respecto de los que se obtienen aplicando Lamont [22]

- Procesos de regresión, realizados sobre curvas Jominy experimentalmente medidas, permitirían ampliar la base de datos, aumentar la capacidad del programa y dar resultados más exactos.
- La carga de datos y la obtención de resultados insume aproximadamente un minuto. Esto convierte al programa en una herramienta didáctica útil para comprender y evaluar la influencia de cada una de las principales variables en un tratamiento de temple y revenido.

9. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Yanzón, R; Bocca J.; Rebollo D. y otros (2009) "Predicción de dureza en piezas mecánicas construidas con acero templado y revenido". *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica Vol. 13 Nº 2 pp. 25-45* – Madrid, España
[2] The Iron and Steel Society, (1996) *"Steel bar product guidelines"* - EUA
[3] Instituto Argentino de Siderurgia (1994) *"Aceros para construcciones mecánicas. Hojas de Características"* – Buenos Aires, Argentina
[4] IRAM - IAS (2001) *"Norma Mercosur 259:2001 Acero - Determinación de templabilidad por temple del extremo (ensayo Jominy)"* - Buenos Aires, Argentina
[5] IRAM - IAS (1967) *"Norma IRAM IAS 500-105 Método de Ensayo Rockwell Escala C*" - Buenos Aires, Argentina
[6] IRAM - IAS (:2001) *"Norma Mercosur 241 - IRAM-IAS Determinación del tamaño de grano austenítico"*- Buenos Aires, Argentina
[7] R. Grange, C. Hribal, (1977) "Hardness of tempered martensite in carbon low allow alloy steels*" Metallurgical. Transactions Vol. 8A pags.1775, 1785* – EUA
[8] M Wisti, M. Hingwe.-(1991) *"Tempering of Steel" M Handbook Vol. IV pag. 121-136; 8ª Ed* ASM
[9]R. D. Chapman, W.E Jominy (1950) "Hardness Variations in Carbon-Molybdenum Steels after Tempering"" – *Metal Progress, Vol. 57, pag 491,* - EUA
[10 M. Atkins (1978) *"Atlas of continuous cooling transformations diagrams for engineering steels"* ASM and BSC, - England
[11] S. Hoytt (1954) *"Metals Properties"* ASME Handbook – McGraw-Hill Co - EUA
[12] M. A. Grossmann (1942) *"Hardenability Calculation from Chemical Composition"* Transactions AIME Vol. 150, pag 227 - EUA
[13] E. Just (1969) *"New Formulas for Calculating Hardenability Curves"*- Metallurgical Progress, Vol Nov 1969, pag. 87,88 - EUA
[14] U.S. Steel (1991) *"U. S. Atlas"*- Metals Handbook pag 28 Vol. IV, Eight Edition, ASTM, EUA
[15] J. S. Kirkaldy (1991) *"Quantitative Prediction of Transformation Hardening of Steels"* - Metals Handbook pag 28 Vol. IV, 8ª Edición, ASTM – EUA
[16] C. Bates, G. Totten, R. Brennan (1991) *"Quenching of steels"* - Metals Handbook Vol. IV; 8ª Edición ASM - EUA
[17] M Wisti, M. Hingwe. (1991) *"Tempering of Steel"* M Handbook Vol. IV pag.121-136; 8ª Ed ASM - EUA
[18] R. D. Chapman, W.E Jominy (1950) *"Hardness Variations in Carbon-Molybdenum Steels after Tempering""* – Metal Progress, Vol. 57, pag 491 - EUA
[19] W. E. Jominy y A. L. Boegehold (1938) *"A Hardenability Test for Carburizing Steels"*- Transactions ASM, Vol. 26, - EUA
[20] P. J. Maroni (1976) *"Templabilidad. Un método para seleccionar aceros"*- pag 66 Ed. Mitre – Buenos Ares
[21 H. Hollomon y L.D. Jaffe, (1945) *"Time temperature relations in tempering steel"* - Transactions AIME, Vol. 162, pag 223-249 - EUA
[22] J. L. Lamont (1943) *"How to estimate Hardening Depth in Bars"* - Iron Age, Vol. 152, - EUA

Agradecimiento

En el desarrollo de este Programa han participado alumnos de 4º y 5º año de la Carrera de Ing. Mecánica de la Universidad Nacional de San Juan. Por la trascendencia su participación, los autores desean expresar a los alumnos Ignacio Oliva, Heber Chaparro, René Faíd, Matías Beltramo, Matías Beraghi, Martín Cena, Javier Flores, Diego Aguilera, Fernando Zabaleta y Maximiliano Giménez, su más sincero reconocimiento.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Influencia de la tecnología móvil de comunicación en el proceso enseñanza aprendizaje en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Chicojay, Carlos*

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica y Ejercicio Profesional Supervisado
Ciudad Universitaria, Zona No. 12. Ciudad de Guatemala. Guatemala Centroamérica.
anibalchicojay@yahoo.com, achicojay@ing.usac.edu.gt

RESUMEN

La presente investigación realizada durante el año 2011 y primer semestre del año 2012, tiene como objetivo fundamental conocer sobre el uso que los estudiantes de los cursos, Instrumentación Mecánica y Mecanismos, que forman parte del pensum de la Carrera de Ingeniería Mecánica, hacen de los dispositivos móviles en sus actividades de aprendizaje.
Se realizaron encuestas en ambos cursos, en donde se observa que los estudiantes hacen uso de sus dispositivos móviles dentro del aula, entre otras respuestas, tomando de referencia el dato mayor, un 29% dijo que lleva material de consulta oculto en sus dispositivos, un 23% se ha conectado a internet para buscar un dato que no sabía, y la aplicación que más utilizan para copiarse en un examen es el mensaje de texto con un 23%, esto sin que el profesor se de cuenta.
Se espera que con esta investigación se abra el debate sobre las evaluaciones tradicionales, dado el avance tecnológico en el área de los dispositivos móviles, ¿debieran de evolucionar las evaluaciones tradicionales?, ¿deben de prohibir los profesores a los estudiantes el ingreso de los dispositivos móviles al aula? ó ¿debería de potenciarse su uso cambiando las formas tradicionales de evaluación?

Palabras Claves: e-learnig, m-learnig, evaluaciones, dispositivos móviles.

1. INTRODUCCIÓN

Inicialmente se acuña el concepto de e-learning [1] introduciendo la educación a distancia. En nuestro medio, la educación a distancia aún da sus primeros pasos, y ya se comienza a escuchar el concepto de m-learning [2] que es la educación basada en dispositivos móviles, en donde el estudiante tiene acceso a la información, evaluaciones, encuestas, etc. Las evaluaciones tradicionales en el aula, desde su aparición en el año 2375 A. C. la cual fue iniciada por los chinos, pues, prácticamente no han evolucionado a la velocidad a la que evoluciona la tecnología, más bien, están estancadas. Si bien es cierto la velocidad a la que ahora se duplica el conocimiento tecnológico es de aproximadamente 2 años, con proyección a duplicarse en el año 2020 cada setenta y tres días, nos indica que la tecnología sigue su avance, en donde lo impensable al día de hoy será una realidad del mañana, como comunicarse de persona a persona sin el uso de un dispositivo móvil visible, a través de un biochip incorporado al cuerpo humano u otra forma de tecnología.

El estudiante de esta generación, ha nacido con la computadora y teléfonos inteligentes que permiten la comunicación y la obtención de información de manera inmediata, los cuales de alguna manera comienzan a utilizarse en el proceso enseñanza aprendizaje y por supuesto en los exámenes tradicionales en el aula cada vez más debido a la baja en el precio [3]

El objetivo de esta investigación es determinar la utilización actual que el estudiante hace de sus dispositivos móviles en el proceso enseñanza aprendizaje y de allí preguntarse ¿El docente debe de prohibir el uso de celulares en los exámenes? ¿Deberá de potenciarse el uso de estos dispositivos en el proceso enseñanza aprendizaje?.

Esta investigación se desarrolló durante tres semestre consecutivos, primero y segundo semestre del año 2011 y primero del año 2012 en los cursos de Instrumentación Mecánica y Mecanismos sección N+, que corresponden al pensum de estudios de la Carrera de Ingeniería Mecánica, siendo del 10º. y 5º. semestre de la carrera respectivamente, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. ANTECEDENTES. LA REALIDAD DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE Y LA TECNOLOGÍA DEL FUTURO.

El crecimiento de los teléfonos celulares se incrementa cada día más [4] así como las aplicaciones asociadas a los mismos [5]. Prácticamente los dispositivos móviles en la actualidad, no forman parte de los elementos de uso aceptados por el profesor en el proceso de enseñanza aprendizaje. Lo que más influye, en esta situación, es que los profesores actuales son de una generación en la cual el uso de los dispositivos electrónicos, dígase laptops, netbooks y Iphones no era masivo en su época de estudiantes. La generación actual a la cual pertenecen los alumnos, usan estos aparatos de forma masiva, existiendo alguna limitante aun por el precio de los mismos. De los mencionados anteriormente los Iphones son los menos utilizados por el costo que aún es relativamente caro y no está al alcance de todos los estudiantes de la universidad.

El espacio que antes ocupaba una computadora era un edificio completo, hoy esa computadora cabe en el bolsillo, cientos de miles de veces más pequeño y más barato, y según proyecciones en 20 años, lo que hoy nos cabe en el bolsillo del pantalón, cabrá en una molécula de sangre, ¡¡lo que hará prácticamente invisibles los dispositivos de comunicación!! Por lo que el flujo de información se dará sin que el profesor se dé cuenta en el desarrollo de un examen tradicional.

2.1 El uso de las TIC en educación

Esta emergente sociedad de la información, impulsada por un vertiginoso avance científico, sustentada por el uso generalizado de las potentes y versátiles tecnologías de la información y comunicación conlleva cambios que alcanzan todos los ámbitos de la actividad humana, en donde la actividad educativa se involucra quizá, sin darse cuenta en algunos casos.

Dentro de ese escenario, las instituciones educativas deben de iniciar una alfabetización digital, tanto a profesores y estudiantes para conocer todo el potencial de las nuevas tecnologías de información y comunicación TIC, con lo cual, el primer paso será aprender sobre las TIC, para luego dar el segundo paso que será el aprender de las TIC, y así introducir en las prácticas docentes nuevos métodos de enseñanza aprendizaje.

El aparecimiento cada vez de nuevas competencias tecnológicas en esta área, exige una capacitación continua tanto de parte del estudiante como del profesor.

3. RECOLECCION DE DATOS.

Se desarrolló una encuesta entre los estudiantes de los cursos Instrumentación Mecánica y Mecanismos sección N+, durante el primer y segundo semestre del año 2011, y primero del 2012 en la cual se les indicó que esta no tenía ningún valor como trabajo o tarea en los cursos correspondientes y que los resultados serían tratados de manera confidencial. Los resultados a las preguntas correspondientes aparecen a continuación en términos porcentuales:

Tabla 1. *Pregunta. Se conecta a internet en:*

Componente	***1er. Sem. 2011***	***2do. Sem. 2011***	***1er. Sem. 2012***
Casa	50	78	54
Trabajo	6	2	12
Café Internet	14	9	2
Casa amigos o familiares	4	0	1
Restaurante	0	0	1
Universidad	24	4	22
Internet móvil	2	4	7
Otros	0	3	1

Tabla 2. *Pregunta. ¿Cuál equipo utiliza para conectarse a internet?*

Componente	***1er. Sem. 2011***	***2do. Sem. 2011***	***1er. Sem. 2012***
Desktop	44	44	27
Laptop	41	44	50
Netbook	5	2	2
Teléfono	7	7	16
Palm	1	0	0
Tablet	0	0	3
Otros	2	3	2

Tabla 3. *Pregunta. En sus estudios utiliza el correo electrónico para:*

Componente	***1er. Sem. 2011***	***2do. Sem. 2011***	***1er. Sem. 2012***
Preguntar a compañeros	25	6	24
Enviarse material entre compañeros	43	76	42
Enviarse tareas	27	12	27
Otros	5	6	7

Tabla 4. Pregunta. *¿En el desarrollo de los exámenes, ha utilizado alguno de siguientes dispositivos para sacar ventaja?*

Componente	***1er. Sem. 2011***	***2do. Sem. 2011***	***1er. Sem. 2012***
Teléfono	18	30	37
Palm	1	4	2
Netbook	0	0	8
Laptop	8	17	19
Otros	8	15	11
Ninguno o No lo hacen	65	34	23

Tabla 5. *Pregunta. En el desarrollo de un examen en el aula, ¿alguna vez se ha conectado para buscar alguna pregunta que no sabe?*

Componente	1er. Sem. 2011	2do. Sem. 2011	1er. Sem. 2012
Si	14	9	23
No	86	91	77

Tabla 6. *Pregunta. En el desarrollo de un examen, alguna vez se ha comunicado con un compañero para resolver o enviar una respuesta utilizando:*

Componente	*1er. Sem. 2011*	*2do. Sem. 2011*	*1er. Sem. 2012*
Mensaje de texto	18	19	23
Correo electrónico	2	2	4
Llamada telefónica	1	0	2
Bluetoot	3	2	6
Messenger	1	6	8
No lo hacen	59	43	40
Otros	16	28	17

Tabla 7. *Pregunta. ¿Ha utilizado algún dispositivo móvil para llevar al examen documentos de consulta?*

Componente	*1er. Sem. 2011*	*2do. Sem. 2011*	*1er. Sem. 2012*
Si	22	19	29
No	78	81	71

4. DISCUSION DE RESULTADOS

De los resultados se puede observar que, el estudiante utiliza para el proceso de enseñanza aprendizaje la tecnología de comunicación, utilizando en mayor parte las desktops y laptops, relegando a un segundo plano el uso de las netbook y los Iphones o teléfonos inteligentes.
Utilizan en porcentaje alto el correo electrónico, en su mayoría para enviarse material, tareas y preguntarse entre compañeros.
En el aspecto de la evaluación, llama la atención que para sacar ventaja, o sea enviar o recibir algún dato que no saben, utilizan el teléfono celular para mensajes de texto, notándose un aumento desde el 1er. semestre 2011 al 1er. semestre 2012, hasta 23%, seguido del Messenger, y en porcentajes bajos el correo electrónico, y bluetooth. Es de hacer notar que el Messenger en ese periodo de tiempo analizado tuvo un aumento al 8%. Si bien es cierto el porcentaje que no hace fraude es alto, 59% en el primer semestre, 43% en el segundo semestre y 40% en el primer semestre del 2012, los que hacen fraude por métodos tradicionales son de 16% y 28% y 17%; y a través de las aplicaciones disponibles en los dispositivos móviles 24%, 29%, y 43% en los semestres respectivos.

4.1 Algunas alternativas de acción futura

De acuerdo a los resultados de esta investigación, se puede observar que los dispositivos móviles de comunicación, se utilizan fundamentalmente, para: comunicación interpersonal en los exámenes tradicionales, consulta de material, e intercambio de material y/o tareas.
En un futuro, los exámenes tradicionales deberán de modificarse para convertirse en un evento más de aprendizaje, bajo la modalidad de desarrollo de proyectos (evaluación por competencias) los cuales pueden ser individuales o en grupo. En el caso de ser en grupo, no necesariamente deben reunirse físicamente, ya que podrán utilizar sus dispositivos móviles, utilizando las bondades de las diferentes plataformas de internet.

Se podrá llevar paralelamente al curso presencial, un contenido paralelo para complementar el desarrollo de la clase.
Para el desarrollo de trabajos de investigación podrá fomentarse la colaboración y el compañerismo a través del correo electrónico, chat y foros lo que ayudaría a un aprendizaje colaborativo.
Mayor proximidad del profesor hacia los estudiantes, ya que lo podrán contactar cuando consideren necesario por las diferentes aplicaciones como WhatsApp, Twitter, Facebook y otros, lo que llevará a aprender en menos tiempo.
La interactividad que proporcionan las TIC pondrá al alcance de los estudiantes múltiples materiales para la autoevaluación de sus conocimientos.

5. CONCLUSIONES.

En la actualidad, el estudiante de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, utiliza sus dispositivos móviles para el proceso enseñanza aprendizaje de diversas formas, para facilitarse las tareas.
Sin embargo, también lo utilizan para hacer fraude en los exámenes, ya que el profesor no se da cuenta que utilizan los aparatos, o desconoce las bondades de los mismos. ¿La brecha digital entre estudiantes y profesores aumenta cada días más?
El fraude en los exámenes utilizando los teléfonos móviles va en aumento. La solución a esta problemática ¿será prohibir su uso, o potenciarlo? Para potenciar su uso en las evaluaciones deben los docentes cambiar los modelos de exámenes. No se debe de olvidar que el fin último en el proceso enseñanza-aprendizaje es que el alumno aprenda y así solucione problemas de la vida real.
Dado que en la actualidad, de forma institucional no se utilizan los dispositivos móviles de comunicación en el proceso enseñanza aprendizaje, se desperdicia el potencial, principalmente para el desarrollo de las clases. En los proyectos, investigaciones y actividades colaterales, el estudiante los utiliza por iniciativa propia.
Los profesores deben de conocer las aplicaciones de los dispositivos móviles, para luego, poder utilizarlos y potenciar su uso tanto dentro como fuera del aula.

6. REFERENCIAS

[1] E learning. Educación virtual. http://www.maestrosdelweb.com/editorial/elearning/ Consultado 29 de mayo de 2012
[2] Mobile Learnig. Universidad de los Andes. http://carolinaizarra.wordpress.com/81-2/ Consultado 29 de mayo de 2012
[3] Evolución de los teléfonos celulares y su precio. http://www.monografias.com/trabajos51/evolucion-celulares/evolucion-celulares2.shtml Consultado 29 de mayo de 2012
[4] En el 2015 la mitad del mercado será de los smartphones. http://www.enter.co/movilidad/en-el-2015-mas-de-la-mitad-del-mercado-sera-de-los-smartphones/ Consultado 29 de mayo de 2012
[5] Estadísticas en aplicaciones móviles. http://www.scenebeta.com/noticia/estadisticas-en-aplicaciones-moviles Consultado 2 de junio de 2012

Agradecimientos

El autor de este trabajo agradece a los estudiantes de los cursos Instrumentación Mecánica y Mecanismos sección N+ de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que los cursaron durante el año 2011 y primer semestre de 2012

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Integración Multidisciplinar: Matemática computacional – Mecánica de fluidos

Tinnirello, Alicia[1], Gago, Eduardo[2], Dádamo, Mónica[3], Tosoratto, Carlos[4]

[1,2,3,4] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario.
Zeballos 1341. Rosario. Argentina.
Direcciones de correo electrónico: [1]atinnirello@frro.utn.edu.ar; [2] egago@frro.utn.edu.ar
[3] mdadamo@frro.utn.edu.ar, [4]ctosoratto@frro.utn.edu.ar

RESUMEN.

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de Matemática en Ingeniería se debe considerar el carácter multidisciplinar de la carrera como condición para lograr que los alumnos incorporen conocimientos de manera significativa para ser utilizados en el desarrollo de las tecnologías básicas y aplicadas [1].
En el presente trabajo se exponen los cambios metodológicos implementados en Cálculo Avanzado en la carrera de Ingeniería Mecánica, que consideramos innovadores, tendientes a integrar disciplinas, con un enfoque basado en la complejidad de los sistemas de flujo de fluidos y los modelos matemáticos involucrados [2].
En las áreas de enseñanza de la Ingeniería han aparecido como una alternativa potencial a los laboratorios tradicionales los llamados laboratorios virtuales. Este nuevo sistema de aprendizaje es posible debido a la capacidad que ofrecen las tecnologías de reciente desarrollo que permiten resolver simbólica y también numéricamente cada sistema, el que puede ser representado por un modelo matemático y diseñado mediante modelos de simulación, los que presentan innumerables ventajas en el proceso de enseñanza en varias disciplinas.
Este cambio en el contexto de aprendizaje en Ingeniería persigue poner énfasis en la interpretación de los distintos parámetros de los sistemas en estudio, utilizando las herramientas del cálculo simbólico; y la generación de un ámbito de trabajo colaborativo; permitiendo la formación de capacidades básicas e impactando en la formación multidisciplinar del estudiante [3].
La presentación comprende la planificación, análisis y selección de contenidos en el estudio de modelos relacionados con Mecánica de Fluidos, mediante el empleo de una plataforma de simulación multifísica donde la Matemática y variados sistemas de la Física promueven y facilitan la conceptualización de modelos complejos.

Palabras Claves: multidisciplina, laboratorio virtual, mecánica de fluidos, matemática computacional.

1. INTRODUCCIÓN.

El ámbito educativo universitario se ve condicionado por las exigencias de una sociedad moderna que demanda profesionales idóneos, creativos y preparados para enfrentar los desafíos que se presentan en un mundo constantemente cambiante.

En la búsqueda de una formación multidisciplinar la incorporación de las tecnologías en la educación superior permiten realizar cambios significativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje que impactan en las carreras de Ingeniería, en especial en las asignaturas del área Matemática. La inserción de herramientas computacionales y software específicos cada vez más poderosos permiten realizar las modificaciones necesarias para lograr este propósito.

Con el objetivo de llevar adelante estos cambios necesitamos adecuar la currícula universitaria no sólo a nuevas metodologías de trabajo que permitan la estimulación del desarrollo intelectual, sino también que tengan una tendencia a un enfoque multidisciplinar. El objetivo no es enseñar y aprender solamente matemáticas, sino hacerlo enfrentándose con la simulación de casos reales y sistemas sencillos que conduzcan al alumno a tener una mirada sobre situaciones reales.

El desarrollo de los métodos numéricos y la aparición de las plataformas de simulación consideran la necesidad de orientar el enfoque metodológico de los programas de las asignaturas de Matemática Superior hacia un nuevo tipo de enseñanza que modifican la secuencia de aprendizaje. Conducir el enfoque del sistema educativo hacia modelos pluridisiciplinares impactan en el proceso cognitivo del alumno.

Aunque el software Mathematica constituye una poderosa herramienta de cálculo simbólico limita a los estudiantes a realizar cálculos, graficar los modelos y obtener conclusiones tendientes a simplificar dichos modelos porque se consideran nulos algunos fenómenos que operan sobre el sistema.

Las recomendaciones establecidas por CONEAU instan a que el alumno desarrolle actividades de aprendizaje con herramienta computacional y emigren del contexto de la clase magistral para proponer una propuesta metodológica facilitada por el enfoque multidisciplinar.

Se pretende que el alumno adquiera el conocimiento mediante un proceso de experimentación, utilizando la simulación y la visualización para ello debe plantear hipótesis de trabajo, inducir respuestas, cuestionar predicciones y validarlas para darle significado a los aprendizajes.

Las softwares con simulación multifísica crean un ambiente aúlico ingenieril donde las posibilidades de aprender significativamente y con motivación se incrementan en forma exponencial. Además mejora la comprensión y facilita el aprendizaje de temas complejos cuando se intenta aprender procesos de circulación de fluidos con fines educativos, procesos que el alumno no podría observar y razonar en ausencia de estos recursos.

En este trabajo se relatan las experiencias realizadas en la clase de Cálculo Avanzado cuando se analiza la circulación de un fluido desde dos ópticas diferentes, la primera apunta a trabajar con un software de Matemática aplicando el tema funciones analíticas de variable compleja, y ver las conclusiones a las que se arriba; la segunda consiste en efectuar el mismo trabajo pero con una plataforma de simulación multifísica.

2. MOTIVACIÓN Y MÉTODOS.

En la UTN se estableció a partir del año 1995, lo que internamente se designa como “nuevos diseños curriculares”, los que a diferencia de los enfoques tradicionales en la enseñanza de la Ingeniería, establecen que el estudiante a partir del primer día de su carrera se enfrenta a los problemas de la profesión del ingeniero. De acuerdo a estos lineamientos, se implementan metodologías que promueven el acceso a nuevos planteamientos pedagógicos y didácticos, que facilitan el contacto con la realidad profesional.

Es posible resaltar un conjunto de contenidos mínimos indispensables, para la formación básica del ingeniero que vienen siendo trabajadas en la Cátedra de Cálculo Avanzado en la búsqueda de integrar las disciplinas en la carrera de Ingeniería Mecánica, lo que implica por parte del docente el conocimiento de los programas de enseñanza de las demás materias paralelas, no solo las del Tronco Integrador, sino de materias básicas y de la especialidad, a fin de organizar dichas “prácticas

coordinadas" o de coordinar los problemas básicos de su materia con las situaciones problemáticas que se desarrollan en Mecánica de Fluidos y Transferencia de Calor.
De esta forma es posible mostrar los distintos aspectos requeridos por el ejercicio profesional, integrando los conocimientos adquiridos horizontalmente (asignaturas del mismo año/curso), y preparar al alumno para una integración vertical, es decir, ir complejizando la resolución de situaciones con la incorporación de los nuevos conocimientos adquiridos.
Esta asignatura sitúa al alumno en la problemática y necesidades del ejercicio profesional e inicia un proceso de autogestión de los aprendizajes, para que el alumno adquiera el pensamiento lógico y consiga las herramientas necesarias para resolver los problemas que su profesión requiera.
La simulación del comportamiento de diferentes fluidos es una técnica muy utilizada en la mayoría de las industrias, siendo la dinámica de fluidos computacional CFD (*Computational Fluid Dynamics)* técnicas que utilizan métodos numéricos y algoritmos para reemplazar los sistemas de ecuaciones diferenciales parciales en sistemas algebraicos de ecuaciones a resolver mediante el uso de computadoras.
Las técnicas CFD proporcionan información cualitativa y cuantitativa de la predicción del flujo de fluidos por medio de la solución de las ecuaciones fundamentales, permiten predecir o simular comportamientos en un laboratorio virtual.
Utilizando CFD es posible construir un modelo computacional que represente un sistema a estudiar especificando las condiciones físicas y químicas del fluido al prototipo virtual y el software entrega la predicción de la dinámica del fluido, por lo tanto es una técnica de diseño y análisis implementada en una computadora. Las principales ventajas son:

- Predice propiedades del fluido con gran detalle en el dominio estudiado
- Ayuda al diseño y prototipaje con soluciones rápidas evitando costosos experimentos
- Se obtiene la visualización y animación del proceso en términos de las variables del fluido

La propuesta que se presenta tiene por objetivo explorar ejemplos de la teoría potencial y discutir algunos flujos que pueden aproximarse usando la Mecánica de Fluidos Computacional. Cuando el flujo potencial presenta geometrías complicadas o condiciones de corriente inusuales la transformación conforme basada en técnicas de variable compleja deja de ser útil para generar formas de cuerpos. En este caso la técnica del análisis numérico constituye el enfoque más apropiado.
El método de diferencia finitas para el flujo potencial tiene por objetivo aproximar las derivadas parciales que aparecen en la ecuación física por "diferencias" entre los valores de la solución en una serie de modos separadas entre sí una cierta distancia finita. La ecuación original en derivadas parciales se sustituye así por una serie de ecuaciones algebraicas para los valores nodales.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

El sistema que se estudia es el flujo bidimensional de un fluido incompresible, no viscoso correspondiente a un campo irrotacional que se mueve en estado estacionario para distintos valores del potencial complejo de velocidad.
Mediante modelos de funciones complejas se realiza un análisis del comportamiento del fluido para la conceptualización del tema y luego se contrasta con la introducción de la técnica CFD:

1ª Sesión: Investigación teórica del tema.

Se reunieron grupos de cuatro alumno con el material bibliográfico sugerido (ver ref.) y con el acompañamiento del docente se llegó a comprender y obtener una guía tutorial teórica de los conceptos a utilizar en la propuesta de trabajo, a solicitud, luego de escuchar y revisar las conclusiones a que llegó cada grupo se hizo un debate sobre el tema proponiendo el siguiente marco teórico:
(i) Una función de variable compleja $f(z) = p(x, y) + jq(x, y)$ unívoca en alguna región R del plano z, es analítica en dicha región R si existe la derivada $f'(z)$ en todo punto z de dicha región R.
(ii) Una condición necesaria para que $f(z)$ sea analítica en una región R, es que en R, p y q satisfacen las ecuaciones de Cauchy-Riemann

$$\frac{\partial p}{\partial x}=\frac{\partial q}{\partial y}\ ;\quad \frac{\partial p}{\partial y}=-\frac{\partial q}{\partial x}$$

si estas derivadas parciales son continuas en R, entonces las ecuaciones anteriores son condiciones suficientes para que $f(z)$ sea analítica en R. Las funciones que satisfacen las condiciones anteriores se dicen conjugadas y este tipo de funciones cumplen con la propiedad de ortogonalidad, quiere decir que las curvas del tipo $p(x,y)=k_1$, y $q(x,y)=k_2$ son ortogonales.

(iii) Si además las derivadas parciales segundas de p y q son continuas en R, se cumple la ecuación de Laplace para p y q

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 p}{\partial y^2}=0\quad ,\quad \frac{\partial^2 q}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 q}{\partial y^2}=0$$

(iv) La derivada de la función f puede calcularse por medio de la siguiente expresión:

$$f'(z)=\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial q}{\partial x}\,j=-j\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial q}{\partial y}$$

2ª Sesión: Modelización del sistema en estudio

El potencial de velocidad complejo F es una función analítica de variable compleja compuesta por el par ordenado cuya parte real es el potencial de velocidad ϕ y la parte imaginaria es la función de corriente φ

$$F(z)=\phi(x,y)+\varphi(x,y)\,j \qquad (1)$$

La velocidad de circulación de un fluido $v=p+qj$, es el gradiente del potencial de velocidad

$$\nabla\phi=v \qquad (2)$$

De las ecs. (1) y (2) se pudo expresar la velocidad del fluido con la ec. (3)

$$v=\phi_x(x,y)+\phi_y(x,y)\,j \qquad (3)$$

Derivando el potencial complejo a partir de la ec. (1) se obtuvo la ec. (4):

$$F'(z)=\phi_x(x,y)+\varphi_x(x,y)\,j \qquad (4)$$

Como F es una función analítica cumple con las condiciones expresadas por las ecuaciones de Cauchy-Rieman se concluye que:

$$\frac{\partial\phi}{\partial x}=\frac{\partial\varphi}{\partial y}\qquad \frac{\partial\phi}{\partial y}=-\frac{\partial\varphi}{\partial x} \qquad (5)$$

En este caso las curvas equipotenciales son aquellas tales que $\phi(x,y)=k_1$,y son ortogonales con las líneas de corriente que son las curvas de ecuación: $\varphi(x,y)=k_2$, (con k_1 y k_2 constantes).

Con el modelo logrado y mediante las Ecs. (4) y (5) se pudo deducir que la velocidad del fluido es el complejo conjugado, derivada de la función F

$$F'(z)=\phi_x(x,y)-\phi_y(x,y)\,j \qquad (6)$$

Se expresa la ec. (6) también por medio de la ec. (7)

$$v=\overline{F'(z)} \qquad (7)$$

Para poder calcular el módulo de la velocidad $|v|$ se utilizó la ec. (8)

$$|v|=|F'(z)| \qquad (8)$$

3ª Sesión de trabajo:

Proponemos estudiar el movimiento de un fluido conocido, para distintas expresiones del potencial complejo, considerando en todos los casos la constante $a>0$:

3.1. $F(z)=V_o\left(z+\frac{a^2}{z}\right)$ donde V_o es una constante positiva.

Orientamos el trabajo de análisis del alumno con las siguientes consignas:
a) Obtiene las ecuaciones para las líneas de corriente y líneas equipotenciales.
b) Realiza una representación gráfica de las trayectorias anteriores e interprétalas físicamente.
c) De las gráficas obtenidas en el punto anterior analiza cómo es el régimen del fluido.
d) Analiza cómo será el perfil de velocidades en los distintos puntos de su trayectoria.
e) Individualiza los puntos estacionarios.
Del análisis propuesto y mediante la gráfica de la Fig. 1 se establecieron las siguientes conclusiones:
i.- Las curvas paralelas al eje x indican los caminos que siguen las partículas de fluido. Cuando $\varphi = 0$ corresponde a una trayectoria que se mueve en el eje x, o en el contorno de la circunferencia de radio a.
ii.- Las líneas equipotenciales están marcadas con línea de puntos y son ortogonales a las líneas de corriente.
iii.- La circunferencia de radio a representa una trayectoria; y puesto que como no puede haber flujo a través de una trayectoria, se puede considerar como un obstáculo circular de radio a colocado en el camino del fluido.
iv.- La velocidad compleja del fluido posee un valor variable cerca del obstáculo y su módulo corresponde a $|v| = V_o \sqrt{1 + \frac{a^4 - 2a^2(x^2 - y^2)}{(x^2 + y^2)^2}}$

Si nos alejamos del obstáculo la velocidad asume el valor $v = V_o$, es decir el fluido está corriendo en la dirección del eje x positivo con velocidad constante V_o
v.- Los puntos estacionarios del sistema son aquellos donde la velocidad es cero y están dados por los valores de $z = a$ y $z = -a$
3.2. $F(z) = a\, z$
Del análisis de la Fig. 2 se pudo visualizar el comportamiento del fluido para este caso, donde las líneas de corriente son rectas horizontales y las correspondientes curvas equipotenciales son rectas verticales, lo que indica que el flujo del fluido es uniforme y su dirección es hacia a la derecha, esto también se interpretó como el flujo uniforme en el semiplano superior limitado por el eje x, que es una línea de corriente, o como flujo uniforme entre dos rectas paralelas $y = k_1$ e $y = k_2$, siendo su velocidad $v = a$, y su módulo del mismo valor.
3.3. $F(z) = a\, z^2$ (para valores de $x > 0$, $y > 0$)
De la observación de la Fig. 3, vemos que el fluido se ve forzado a girar hacia una esquina situada en el origen. En este caso las líneas de corriente son ramas de hipérbolas rectangulares que responden a la igualdad $2axy = k$, de manera tal que el módulo de la velocidad es directamente proporcional a su distancia al origen, siendo su expresión $|v| = 2a|z|$. Se pudo concluir que el valor de la función de corriente en un punto se interpreta como el ritmo del flujo a través de un segmento recto que une el origen con ese punto.
3.4. $F(z) = j\, a \ln z$
Las líneas de corriente analizadas en la Fig. 4 son circunferencias que tienen un centro común que corresponde al origen del plano complejo ($z = 0$), mientras que las líneas equipotenciales están dadas por las rectas de ecuaciones $y = k\, x$, que también pasan por el origen. De este modo el potencial complejo describe el flujo de un fluido que está dando vueltas alrededor de $z = 0$ que se denomina “vórtice” y a este tipo de flujo se lo llama “flujo vórtice”.
En este caso la dirección del flujo coincide con el sentido horario, y el módulo de la velocidad es $|v| = \frac{a}{\sqrt{x^2 + y^2}}$
3.5.- $F(z) = a\, z^4$ (estudiar la región del primer cuadrante)

Como lo muestra la Fig. 5 en este caso observamos que las líneas de corriente para esta región están acotadas por el eje x y por la recta $y = x$. La dirección del flujo es descendente y el valor del módulo de la velocidad es $|v| = 4a|z^3|$

3.6.- $F(z) = a\dfrac{1+z}{1-z}$

Para este caso que aparece considerado en la Fig. 6 se observa que las líneas de corrientes son circunferencias concéntricas alrededor de un punto, y tal que a partir de dicho punto nacen las curvas equipotenciales. Se dedujo que el módulo de la velocidad responde a la fórmula es $|v| = \dfrac{2}{(x^2 + y^2 - 2x + 1)}$

Tabla I. Líneas de corriente y curvas equipotenciales

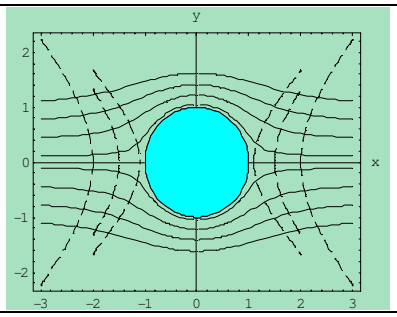


Figura1 Caso 3.1

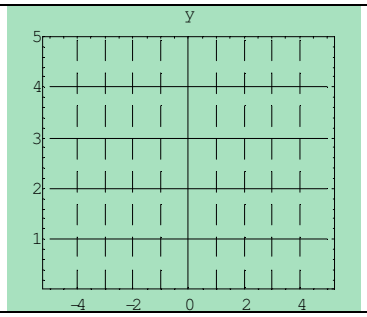


Figura 2 Caso 3.2

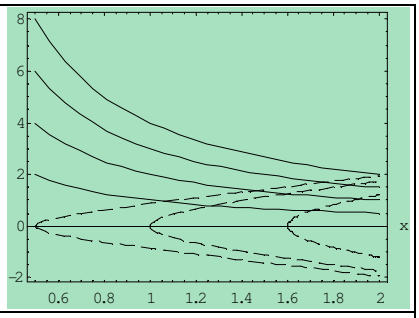


Figura 3 Caso 3.3

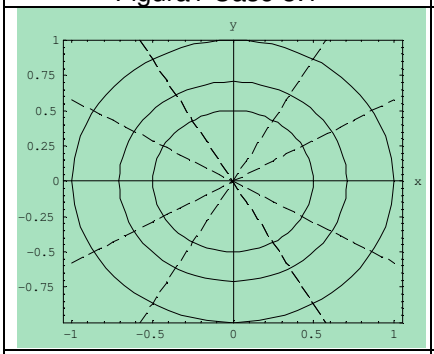


Figura 4 Caso 3.4

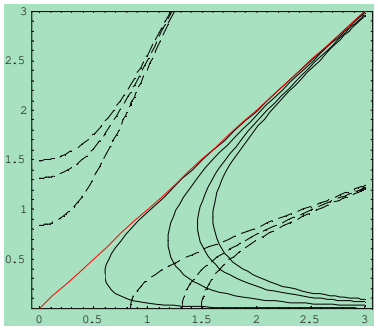


Figura 5 Caso 3.5

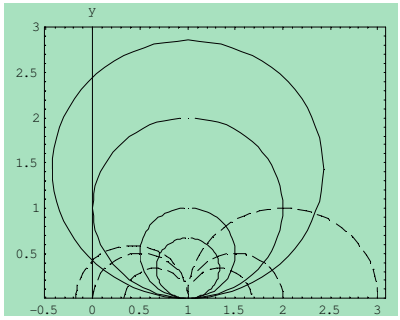


Figura 6 Caso 3.6

4. Investigación del impacto al aplicar la tecnología CFD al caso de la sección 3.1:

$F(z) = V_o\left(z + \dfrac{a^2}{z}\right)$ donde V_o es una constante positiva.

4.1. Condiciones físicas y objetivos del dominio a simular:

Por una cañería de bronce UNS C10100 de 6 cm diámetro circula agua en un régimen de flujo laminar con un número de Reynolds inferior a 2500 y a una temperatura de 20ºC. En dicha cañería se encuentra una obstrucción de una esfera de acero aleado 1006 (UNS G10060) de 0,3 cm de radio. Si la presión varía de 3 Pa a 2 Pa en un tramo de 10 cm de longitud, y se considera que el fluido posee viscosidad sobre las paredes exteriores y rugosidad en la esfera. Se solicita estudiar las variaciones de la presión y la velocidad causadas por dicha obstrucción.

4.2. Consideraciones

La simulación se realiza con el módulo de Creeping Flow de COMSOL Multiphysics. El entorno de trabajo del programa permite adicionar al modelo propuesto nuevos parámetros físicos; además de proponer, evaluar e intercambiar las condiciones de frontera. La pontencialidad que posee el programa contribuye a trabajar con propuestas didácticas que se aproximen a la realidad dejando de lado de las condiciones ideales.

Utilizando la transformación conforme basada en técnicas de variable compleja no hay pérdidas por rozamiento y el fluido se considera en condiciones ideales, con la plataforma COMSOL no es posible considerar el valor de viscosidad nula.

4.3. Geometría de trabajo

Como se observa en la Figura 7, se utilizan las herramientas que posee el programa para realizar la representación de la geometría de trabajo. Sin embargo hay que destacar que el software, permite importar modelos de mayor complejidad provenientes de programas de diseños en sólidos tales como SOLID WORKS, SPACE CLAIM e INVENTOR. Esta interacción entre programas es de mucha utilidad para el diseño de geometrías complicadas.

El procedimiento para realizar el gráfico del perfil de la forma de la cañería es: definir las dimensiones del rectángulo, las dimensiones y posición de la esfera, y utilizar la herramienta de intersección para concluir con la geometría.

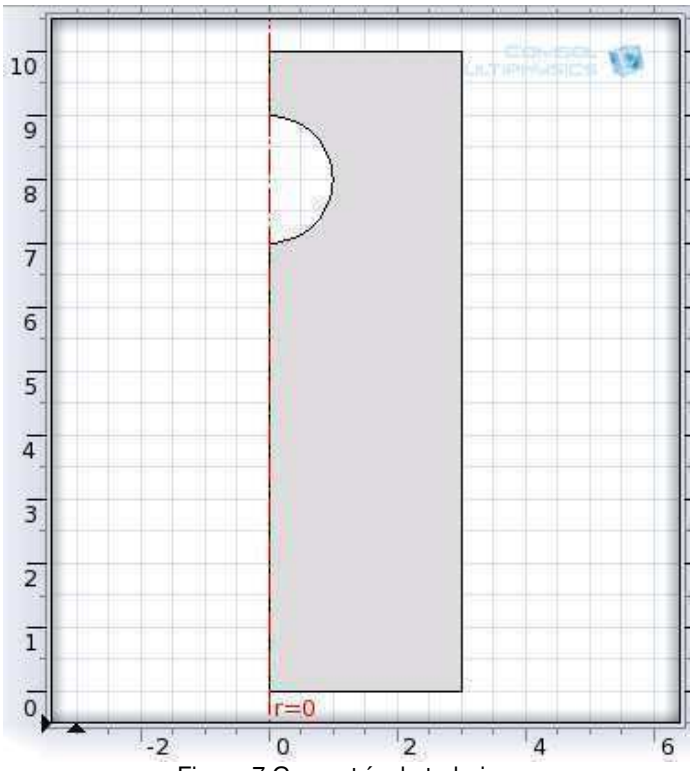


Figura 7 Geometría de trabajo

4.4 Mallado

La elección de un mallado correcto es de suma importancia para corroborar la veracidad de los resultados. Para realizar el mallado se tienen en cuenta la forma y las medidas máximas y mínimas de la geometría a estudiar.

Previo a hacer la modelización, se procede al mallado de la geometría utilizada que se visualize en la Figura 8, se opta por el mallado libre triangular predefinido normal realizado de modo automático.

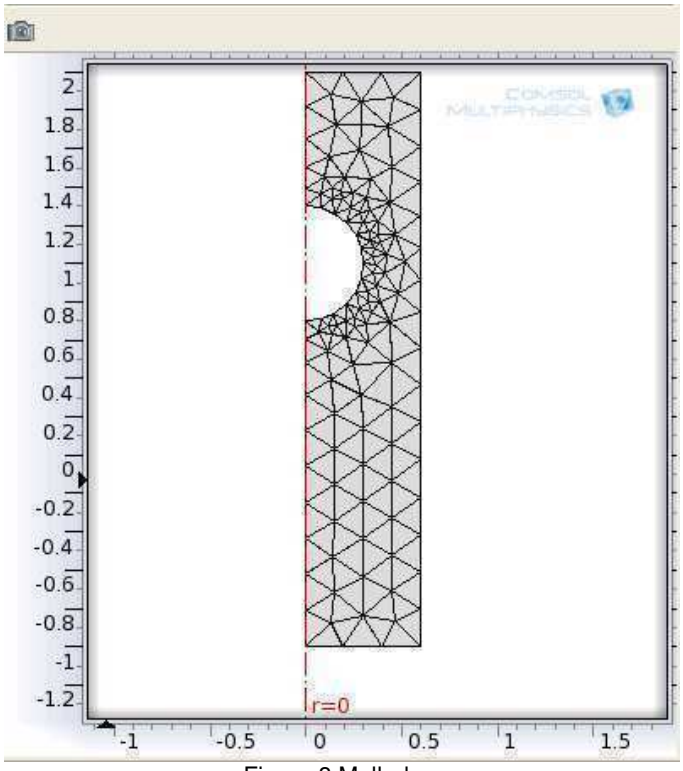


Figura 8 Mallado

4.4 Resultados

Se puede observar en las Figuras 9, 10 y 11 la formación de un perfil de velocidad creciente a partir de las paredes del tubo denominado capa límite.

En la parte central donde se posiciona la esfera se notan velocidades nulas en la parte anterior y posterior de la misma, indicando la ausencia de circulación del fluido en esa zona y como consecuencia de esto notables variaciones de presión.

En las Figuras 12, 13 y 14 se observa que en la parte lateral de la esfera se produce una considerable caída de presión lo que se traduce en un incremento de la velocidad debido a la disminución del área transversal. Esta situación es similar a la que se presenta en otros instrumentos de medición de velocidades y caudales tales como el Tubo de Venturi, Toberas y Placas orificios.

En la parte frontal de la esfera la ausencia velocidad ocasiona la máxima presión en esa zona, a raíz de esto se puede comprender el fundamento de ciertos instrumentos de medición que hacen uso del estancamiento de los fluidos, como son el Tubo de Pitot utilizado para medir la presión total y el Tubo de Prandtl utilizado para medir la presión dinámica y la velocidad.

En la parte trasera de la esfera se encuentra una zona de baja presión, la cual puede provocar el desprendimiento de la capa límite. Esto puede suceder o no dependiendo en cada caso de las condiciones del fluido y la rugosidad de la esfera.

Si bien se realizaron gráficas de la presión y velocidad respecto al tiempo, el programa también permite evaluar puntos determinados o característicos del modelo y hallar los valores máximos y mínimos tanto de la velocidad como de la presión.

En cuanto al modelo tratado, a medida que el alumno adquiere mayores conocimientos específicos, se podría lograr un mayor grado de complejidad del problema, variando las condiciones de las fronteras o bien usando este modelo como punto de partida para realizar estudios en toberas, difusores o en otras aplicaciones ingenieriles.

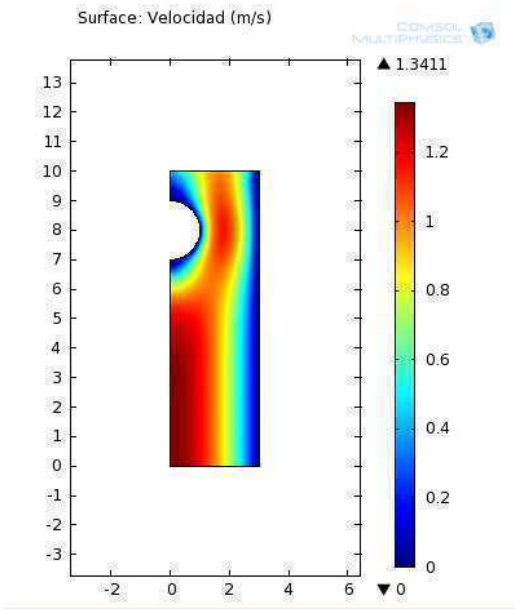


Figura 9 Superficies de nivel de la velocidad

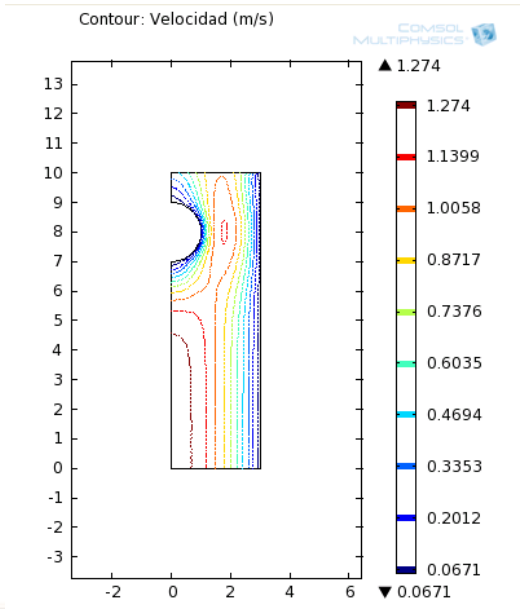


Figura 10 Curvas de nivel de la velocidad

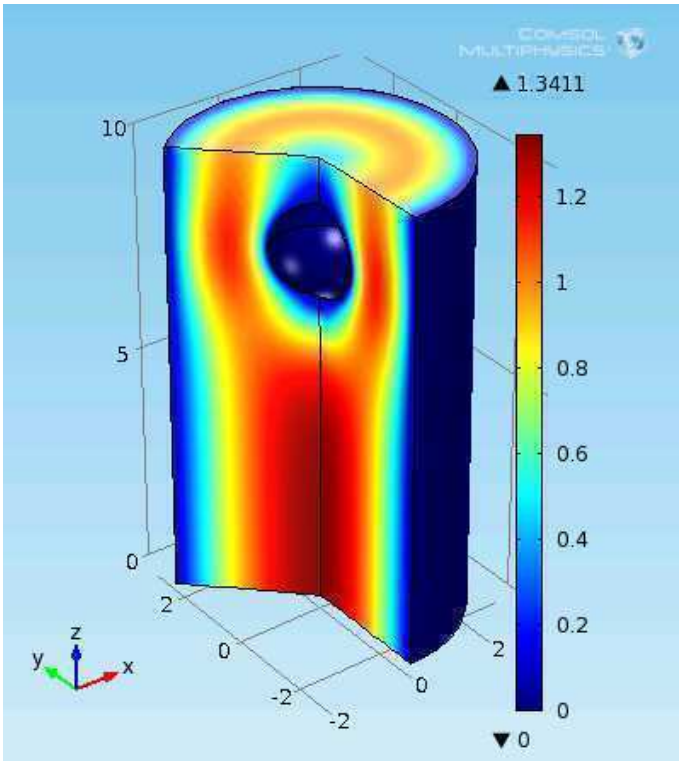


Figura 11 Representación 3D Superficies de nivel de velocidades

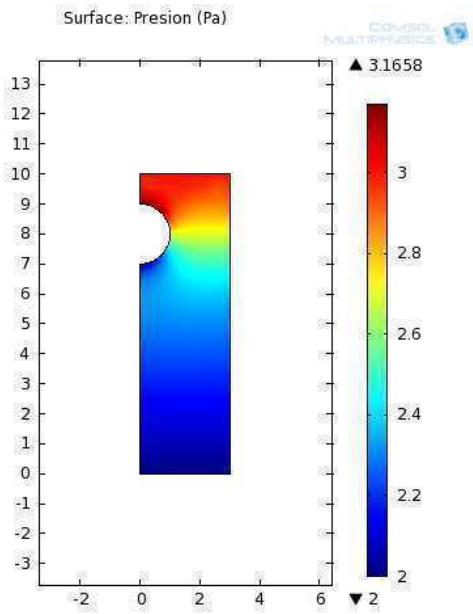


Figura 12 Superficies de nivel de la presión

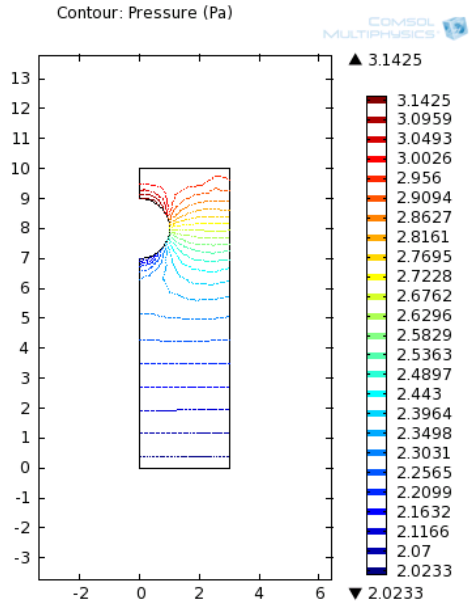


Figura 13 Curvas de nivel de la presión

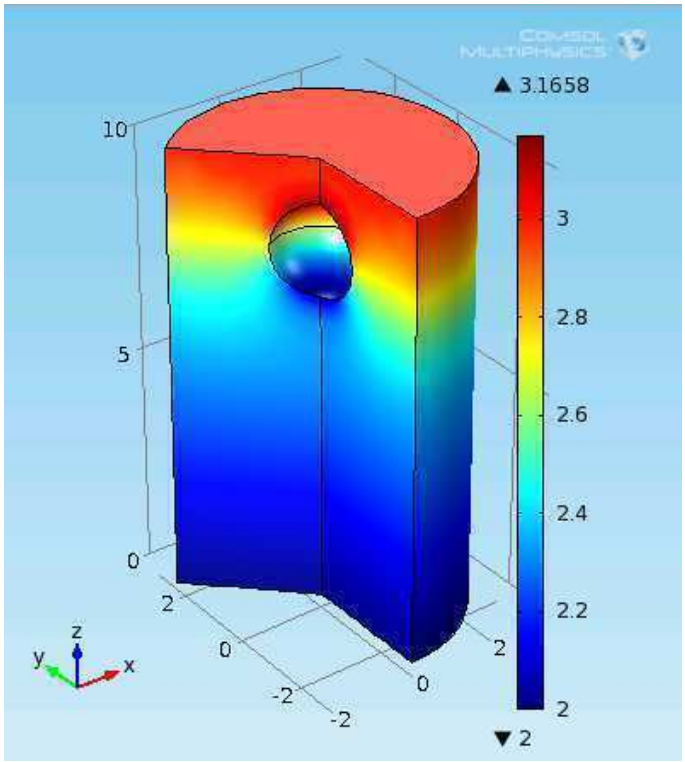


Figura 14 Representación en 3D Superficies de nivel de presión

En las Figuras 15 y 16 se pueden observar las gráficas de las superficies de nivel correspondientes a las velocidad y presión.

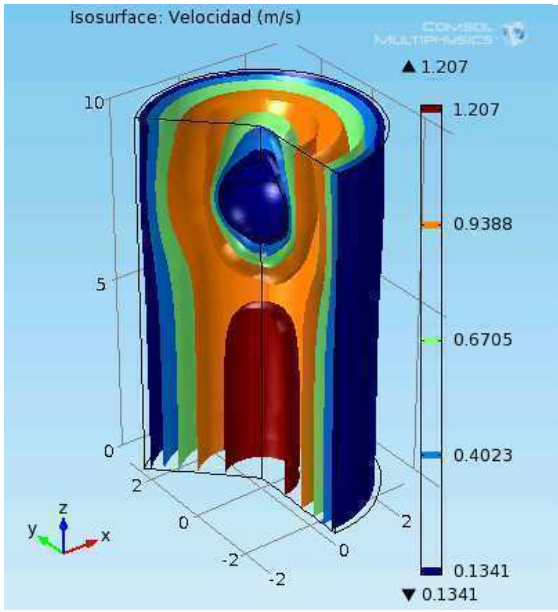


Figura 15 Superficies de nivel de velocidades

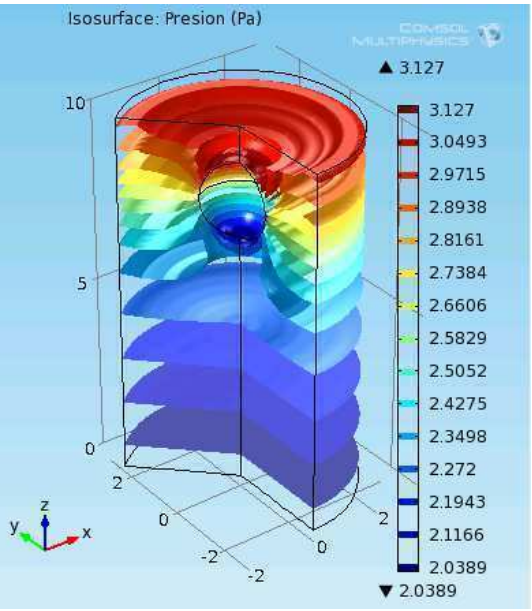


Figura 16 Superficies de nivel de presiones

Además de lo mencionado, los estrechamientos de secciones, como el que provoca la esfera, son la base del funcionamiento de algunos instrumentos como los Eyectores, utilizados para mezclar y acelerar los fluidos.
Las variaciones observadas también permiten entender porqué se recomienda colocar los instrumentos de medición a 5 veces el diámetro mínimo de la cañería, de cualquier perturbación para así obtener resultados no viciados por las mismas.
En la Figura 17 se muestra la Velocidad vs. Presión en la ubicación del estrechamiento.

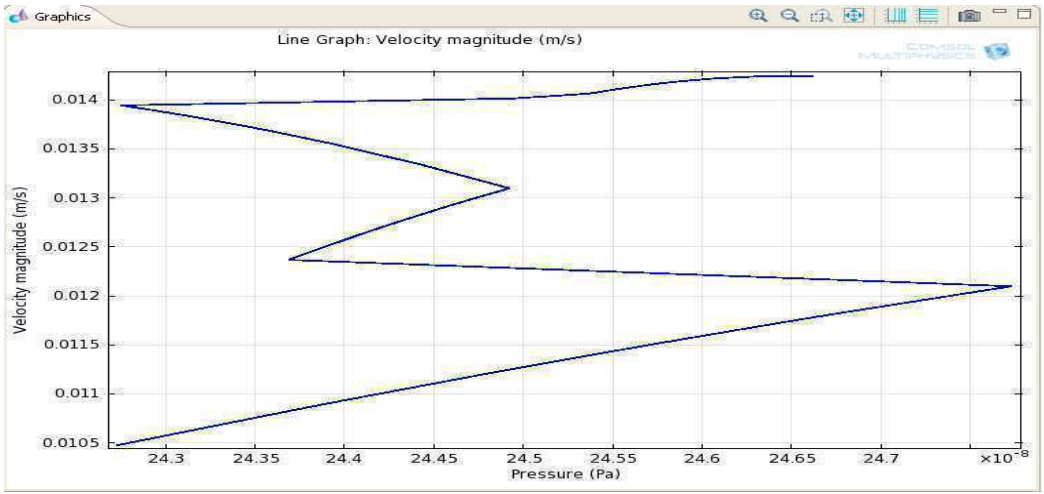


Figura 17 Velocidad vs. Presión

6. CONCLUSIONES.

La utilización de funciones analíticas de variable compleja, el estudio de modelos idealizados y el apoyo de los recursos informáticos utilizados adecuadamente propició un análisis contextualizado que logró el objetivo de comprender las posibilidades de integración entre matemática computacional y mecánica de fluidos.

La investigación de los conceptos teóricos del tema fue de fundamental importancia para poder analizar la propuesta, pero se consideró con igual relevancia el apoyo de los recursos informáticos sin los cuales la interpretación del modelo no podría haberse llevado a cabo. La justificación de los resultados obtenidos que permitieron identificar propiedades del flujo de fluidos se basó en un análisis de los distintos registros numérico, simbólico y gráfico.
Estas experiencias de laboratorio son un nexo entre las ciencias básicas y las tecnologías aplicadas que permiten dotar a los estudiantes de un carácter autónomo para trabajar con situaciones problemáticas similares a las de su futuro trabajo profesional.
Mediante la simulación numérica y conocimientos básicos del flujo de fluidos se introducen problemas sencillos con la utilización de un entorno como ofrece la plataforma COMSOL para valorar la importancia de los resultados obtenidos en forma simbólica y analítica y las posibilidades de utilizar a futuro en el cursado de las tecnologías aplicadas el laboratorio virtual de aprendizaje como soporte de actividades de integración disciplinar.

7. REFERENCIAS.

[1] Tinnirello, Alicia; Gago, Eduardo; Dádamo, Mónica (2010). Designing Interdisciplinary Interactive Work: Basic Sciences in Engineering Education. The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences. *Volumen 5, número de fascículo 3, páginas 331-334*. Cambridge. ISSN: 1833-1882..
[2] Cengel, Junus; Cimbala, John (2006). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. México. 2ª Edición. Editorial McGraw-Hill. México.
[3] Gago, Eduardo; Dádamo, Mónica et al. (2010). La importancia del enfoque multidisciplinar en la enseñanza en Ingeniería Mecánica. II CAIM - Segundo Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. San Juan, Argentina.
[4] White M. Frank Mecánica de Fluídos Mc Graw Hill 5ª. Edición 2004
[5] Peter V. O´Neil , Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Math Learning, 5ª Ed., 2004.
[6] Glyn James, Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Prentice Hall, 2ª Edición, 2002.
[7] Dennis Zill, Michael Cullen, Ecuaciones Diferenciales con problemas de valores en la frontera, Thomson Learning, 5ª Edición, 2002
[8] Glenn Ledder, Ecuaciones Diferenciales, un Enfoque de Modelado, Mc Graw Hill, 2006.
[9] Churchill Ruel, Variable compleja y Aplicaciones. Mc Graw Hill, 7ª Edición, 2004.
[10] R. Byron Bird, Warren Stewart, Edwin Ligthfoot, Fenómenos de Transporte, Reverté, 2002.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

APOSTANDO A UNA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA A PARTIR DE LA ASIGNATURA QUÍMICA

Alcoba, Marcelo[1], Miskovski, Viviana[1], Broglia, Martín[1]

[1]*Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ingeniería.*
Ruta Nacional N°36, Km 601(X5804BYA) Río Cuarto. República Argentina

Email: malcoba@ing.unrc.edu.ar - vmisko@ing.unrc.edu.ar - mbroglia@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

El bajo rendimiento académico de los estudiante de primer año se asocia a múltiples aspectos vinculados a hábitos de estudio deficientes, limitado desarrollo de operaciones mentales complejas, formación previa insuficiente, pasividad en las aulas, cursos de concurrencia masiva, confusión sobre el perfil de la carrera,… así como también a problemáticas socio afectivas, culturales y económicas que repercuten en el anclaje necesario para insertarse eficientemente en la Universidad.
Desde la asignatura Química para carreras de Ingeniería Mecánica, Electricista y en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Río Cuarto, los docentes somos conscientes de la imposibilidad de abordar todos los aspectos mencionados, sin embargo es posible reflexionar y operar hacia el interior revisando las prácticas pedagógicas y los modelos a través de los cuales se facilita el aprendizaje de los estudiantes resignificando el conocimiento como capital inestimable, promoviendo una formación por competencias como "capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo de situación, capacidad que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos …(ya que) generalmente requiere que usemos y asociemos varios recursos cognitivos complementarios".
En esta ponencia se describe el proceso y resultados parciales de tal experiencia didáctica —en el marco de un proyecto pedagógico de investigación e innovación para el mejoramiento de la enseñanza de grado— que posibilita que la naturaleza del conocimiento químico adquiriera una nueva significación para los alumnos llegando a apreciar de qué manera la química está presente en los desarrollos tecnológicos de la profesión así como también aportando miradas clarificadoras y enriquecedoras sobre el *campo de acción profesional* de las carreras escogidas como plus motivacional.

Palabras Claves: química - competencias - innovación - enseñanza - aprendizaje -

1. INTRODUCCIÓN

Al decir de Lanz "estamos en el centro de un cambio epocal" [1], signado por una profunda crisis política, social, cultural y económica; un desenfrenado proceso de exclusión social en donde la desigualdad se sostiene desde la globalización de la economía, y la falta de valores se manifiesta a través del individualismo, la incertidumbre, la fragmentación, la desesperanza, la resignación, la pérdida de sueños y utopías.

Este proceso de exclusión, no exceptúa a la universidad argentina, por el contrario "es alarmante la creciente deserción y fracaso que se registra año tras año en las universidades públicas nacionales, donde sólo dos de cada diez ingresantes terminan la carrera"[1]. Más aún, es posible particularizar esta generalización ubicándonos en nuestro objeto de interés: las cátedras QUIMICA[2], del primer año de las carreras Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Telecomunicaciones e Ingeniería Electricista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Si bien la química está por todas partes, y sin ella la vida no sería posible, los estudiantes de ingeniería que nos ocupan, no suelen manifestar emoción ni entusiasmo ante la perspectiva de aprender esta disciplina; nos situamos en una posición bastante particular: debemos enseñar Química a estudiantes que vocacionalmente no han elegido esta disciplina y que siguen carreras que tradicionalmente no contemplan una formación importante en Química. En este contexto y realizando una primera valoración estrictamente cuantitativa, resulta desalentador el bajo rendimiento académico alcanzado al considerar el rendimiento de los alumnos que cursan la asignatura en el período 2005-2010, que expresado como porcentaje de alumnos libres por parcial alcanza un valor medio aproximado al 45% en el período 2005-2010.

Estos antecedentes numéricos, no disimulan una problemática aun más compleja advertida cotidianamente en el aula: la dificultad de los estudiantes para observar, describir, argumentar, interpretar, proponer, etc., capacidades básicas[3] que debieran haber sido desarrolladas en la escuela media y que se supone son soportes indispensables para lograr el desarrollo de habilidades, destrezas y valores necesarios del profesional ingeniero que requiere la sociedad y el mundo del trabajo en el mundo actual.

Revisar esta situación "alarmante" implica considerar la realidad de los estudiante de primer año asociada a múltiples aspectos vinculados no solo a hábitos de estudio deficientes, bajos logros de aprendizaje, limitado desarrollo de operaciones mentales complejas, formación previa insuficiente, pasividad en las aulas, cursos de concurrencia masiva, confusión sobre el perfil de la carrera,… sino también problemáticas socio afectivas, culturales y económicas que repercuten en el anclaje necesario para insertarse eficientemente en la Universidad.

Desde la cátedra que nos ocupa, somos conscientes de la imposibilidad de abordar todos los aspectos mencionados, sin embargo es posible reflexionar y operar hacia el interior revisando nuestras prácticas pedagógicas y los modelos a través de los cuales se facilita el aprendizaje de los estudiantes resignificando el conocimiento como capital inestimable para abordar la búsqueda de alternativas superadoras e igualadoras en posibilidades y oportunidades en una dirección democratizadora, promoviendo una formación por competencias como "capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo de situación, capacidad que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos …(ya que) generalmente requiere que usemos y asociemos varios recursos cognitivos complementarios" [2].

La experiencia didáctica a la que nos estamos refiriendo se enmarca en un tipo particular de proyectos promovidos en la Universidad Nacional de Río Cuarto, los Proyectos de Innovación e Investigación para el Mejoramiento de la Enseñanza de Grado (PIIMEG). El Proyecto PIIMEG, con una duración bianual, se encuentra en su segundo año de ejecución.

2. Procedimiento Experimental.

[1] "Preocupante deserción universitaria". Diario La Nación. Nota de opinión. 24/02/2011, Bs. As. Argentina.

[2] Cátedras integrantes del Área QUIMICA del Departamento Ciencias Básicas. Facultad de Ingeniería-UNRC.

[3] "Competencias básicas para ingresantes: son competencias que idealmente deberían ser requeridas a los aspirantes a ingresar a carreras de ingeniería en la Republica Argentina, son responsabilidad de la educación media y la universidad hoy las está cubriendo con cursos remediales." Proyecto Estratégico de reforma curricular de las Ingenierías 2005-2007. CONFEDI.

La asignatura Química —como parte de las Ciencias Básicas de los Planes de Estudio para las carreras Ingenierías Electricista, en Telecomunicaciones y Mecánica de la Facultad de Ingeniería— propone como objetivo general, familiarizar al estudiante con conceptos básicos de las ciencias, que le permitan entender las leyes fundamentales de la química, e interpretar la simbología y el lenguaje propio de esta disciplina. Asimismo, tiene como objetivo ayudarlo a desarrollar la capacidad de dar explicaciones racionales y aproximarse a la interpretación de fenómenos u ocurrencia de la química en el campo profesional del ingeniero, comprendiendo particularmente al estudio genérico de los materiales de uso en Ingeniería.

En el espacio áulico, las clases adoptan características teórico-prácticas; los contenidos específicos se abordan a través de una exposición teórica apoyada generalmente por recursos auxiliares tales como transparencias, diapositivas, multimedia, etc. A partir de los elementos teóricos brindados, los alumnos resuelven problemas como parte de prácticos de aula. Continuamente se retransita alternadamente, por momentos de teoría y de práctica, con síntesis parciales y globales sobre los temas en los que se hayan involucrados el dominio de habilidades cognitivas superiores y las competencias de ejecución propias del trabajo de un ingeniero. En todo momento, los alumnos son acompañados por la totalidad del equipo docente.

La exposición es dialogada dando lugar a la presentación de situaciones y problemas cada vez que se introducen nuevos temas. La intención es promover un aprendizaje comprensivo mediante el análisis de situaciones, el establecimiento de relaciones, la elección de criterios, la discusión de estrategias y soluciones propuestas por cada pequeño grupo de alumnos en el grupo total. Las dudas y errores se resuelven a través de la participación de todos los alumnos aunque siempre con la orientación de los docentes.

En el marco de esta metodología de trabajo, la evaluación se ve como una oportunidad para afianzar la comprensión integral de los conocimientos, por ello se propone un sistema de promoción total a través de tres exámenes escritos integradores. Los mismos consisten en la resolución de problemas y la respuesta a preguntas de carácter teórico, que son abordados en forma individual.

En lo que respecta a la evaluación de los alumnos regulares, los criterios e instrumentos son los mismos que para los que promocionan, diferenciándose en el nivel de comprensión y dominio que los alumnos tienen en los contenidos dentro de los plazos acordados para ir aprobando las distintas actividades de evaluación, lo que se traduce en una nota inferior a la estipulada para lograr la promoción (fijada en 7 siete para una escala de 1 a 10).

A partir de la revisión de nuestras prácticas pedagógicas en el marco de la implementación de una formación por competencias, nos proponemos potenciar en el estudiante la capacidad de moverse fácilmente dentro del triángulo que refleja la interacción de los contenidos de la Química, como una ciencia que opera en tres niveles: un primer nivel que, trata de la materia y de sus transformaciones a "nivel macroscópico" y se ocupa de los objetos grandes y visibles, sin embargo existe un mundo inferior de transformaciones o "nivel microscópico" más profundo, aquí la química interpreta dichos fenómenos en términos de reordenamientos de átomos, simultáneamente, un tercer nivel es el "nivel simbólico", la expresión de los fenómenos químicos a través de símbolos químicos y ecuaciones matemáticas: este nivel mantiene unidos a los otros dos. Es posible pensar a nivel microscópico, experimentar a nivel macroscópico y representar ambos simbólicamente. La capacidad para internalizar esta interacción da cuenta real de la construcción de conocimientos que se realiza en esta asignatura, contribuyendo positivamente al desarrollo de las competencias genéricas del Ciclo General de Conocimientos Básicos de Ingeniería. Nos referimos a las competencias sociales, competencias metodológicas y competencias científico-técnicas expuestas en el documento emitido por CONFEDI: "Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005-2007", con las que se busca asegurar una formación fundamental para la obtención ulterior de saberes específicos del egresado, que a su vez pueda ser punta de lanza para establecer articulaciones e interacciones más amplias favoreciendo la construcción de un currículo más integral, integrado y flexible.

Esta adopción, lejos de ser arbitraria se fundamenta en el convencimiento de la concepción que subyace en la formación por competencias en la que se reconoce como ventajas "propiciar el vínculo entre teoría y práctica, entre mundo disciplinario y mundo laboral, entre formación teórica y práctica llevando a repensar la relación entre la Universidad y Sociedad. La práctica delimita la teoría necesaria. La teoría cobra sentido a partir de la práctica y de las condiciones concretas de trabajo"[3], fortaleciendo a su vez no solo el hecho de que los estudiantes aprecien la manera en que la

asignatura está presente en los desarrollos tecnológicos de la profesión, sino también aportando miradas clarificadoras y enriquecedoras sobre el campo de acción profesional de las carreras escogidas. Visión no solo orientadora para los estudiantes de primer año, sino también motivadora reconociendo que "para aprender es imprescindible poder hacerlo, lo cual hace referencia a las capacidades, los conocimientos, las estrategias y las destrezas necesarias (componentes cognitivos), pero además es necesario querer hacerlo, tener la disposición, la intención y la motivación suficientes (componentes motivacionales)" [4].
Al proponer la implementación de una formación por competencias en la asignatura Química, asumimos el desafío de romper las estructuras ya consolidadas en el aula desde el quehacer cotidiano, apostando a una nueva construcción y recreación del escenario enseñanza aprendizaje imaginando modificar la realidad de manera superadora. Cambios internos cualitativos y específicos en el proceso educativo que nos permita pensar en una verdadera "innovación", reconociendo que el "modelo (de formación por competencias) obliga a cuestionarse alrededor de la pertinencia de los procesos educativos, invita a la educación a repensar al sujeto de aprendizaje como un agente transformador de la realidad, convoca al cuerpo docente a una reflexión y los llama a adaptarse a sus estudiantes, a sus procesos intelectivos, a sus preconceptos derivados de la experiencia y a sus aptitudes y no pretender aun cuando pareciera más sencillo que los estudiantes se adapten a sus docentes pues finalmente son ellos los facilitadores"[i].

2.1. Nuestras acciones.
A los fines de orientar nuestro accionar, tomamos como referencia el documento de trabajo del CONFEDI, en relación a la definición de las competencias genéricas al egreso de las ingenierías, y profundizamos particularmente la competencia específica "identificar, formular y resolver problemas de ingeniería", entendiéndola no solo como directriz en la formación de un estudiante de ingeniería, sino también pertinente para la asignatura objeto de interés.
Desde este convencimiento, nuestras acciones tienen implicancias en distintos niveles, a saber:

- Implicancias curriculares que nos impulsan a promover una revisión, actualización y reorganización de los contenidos de la asignatura buscando articulaciones posibilitantes que contemple procesos de aprendizaje con una verdadera construcción de conocimientos desde una formación por competencias considerando para ello la selección, la organización, la articulación, los conocimientos previos, la ubicación en el cronograma de la materia, la significatividad y relevancia profesional, la actualidad científica y los tiempos asignados para el desarrollo de los mismos.
- Implicancias didácticas reconociendo en este modelo la importancia de una metodología centrada en el estudiante y en el proceso de aprendizaje, potenciando la resolución de problemas como metodología activa de aprendizaje, y estrategia que supone un "conocimiento en acción que tiene lugar en cualquier nivel del proceso de enseñanza aprendizaje donde el estudiante encuentra una dificultad que se le presenta como un desafío y que lo incentiva para superarla y entenderla"[4], estimulando instancias de resolución grupal, conscientes de la posibilidad de lograr una resignificación del "ámbito áulico", como espacio de experimentación e interacción a través de un trabajo colaborativo –similar a lo que será su vida profesional integrando un equipo de trabajo-, con el objetivo de contribuir al desarrollo de habilidades, actitudes y valores benéficos para la mejora personal y profesional del alumno, a la par de convertirse en disparador donde el profesor promueve la estimulación del autoaprendizaje y la revisión de contenidos a través de nuevas miradas.
  Profundizamos el trabajo sobre escritura académica, ya que si bien en las actividades áulicas habitualmente, varios ítems incluían desarrollos escritos, la revisión de los mismos no se realizaba a través de la lectura de las respuestas escritas por los estudiantes sino que genéricamente se hacían observaciones para identificar errores y/o dudas conceptuales, procedimentales, etc. No existía la retroalimentación, ni revisión de la escritura, no había borradores que se revisen, ni textos que se reescriban. Esta metodología mostraba su flanco débil puntualmente en el momento de los exámenes parciales en los cuales se solicitaba al

[4] Problemas integradores como formadores de competencias en los estudiantes futuros profesionales de la ingeniería. Ing. R. ACOSTA et Al. Actas Congreso II CAIM 2010. San Juan, Noviembre 2010.

estudiante, en muchos casos, acompañar sus respuestas con justificaciones escritas que den cuenta "real" de sus conocimientos. Detenernos en las actividades de escritura y reescritura nos permite conocer las interpretaciones de los alumnos, identificando aquellas interpretaciones divergentes y en función de ello señalarlas, volver a explicar y ayudar a entender aquello que no se comprende. Esta actividad les exige a los alumnos "armar una interpretación coherente, poner en relación lo que la bibliografía dice con lo que ellos piensan y también les exige darse cuenta de qué entienden y qué no". Si bien esto insume más tiempo que la discusión oral de algunos ejercicios, estamos convencidos de la importancia de promover este tipo de prácticas desde nuestra cátedra, porque no solo modifica los aprendizajes de nuestros alumnos sino también nuestras propias prácticas.

- Revisión de las instancias de evaluación para la acreditación de la cátedra donde no solo se contemplen resultados sino todo el proceso de aprendizaje, como fenómeno complejo multidimensional.
  En relación a ello, se implementan en algunas clases y, con relación a conceptos o nodos centrales de la materia— preguntas o ejercicios que los estudiantes pueden responder o resolver en un tiempo breve (10 a 15 minutos). Estas prácticas —afrontadas de a dos— las propusimos con la intención de estimular proceso de reflexión, tal que los estudiantes tomen conciencia del modo en que llevan la asignatura, y si bien la corrección está a cargo de quienes conformamos el equipo docentes, también se les pide que una vez que han respondido o resuelto la actividad, piensen cómo les ha ido, que se corrijan, para luego también comparar ambas evaluaciones. De esta forma nos propusimos alentar en los estudiantes, la importancia de asistir a clase, de ver a la clase como un ámbito de ayuda y orientación brindadas por los docentes, de aprender a ser autónomos a través del ejercicio y evaluar sus propios aprendizajes.

De esta forma apuntamos a promover aprendizajes complejos que reestructuran los adquiridos en las actividades áulicas permitiendo que la naturaleza del conocimiento químico adquiera una nueva significación en ese contexto y desde un espacio de discusión y reflexión se permitan actuar como integradores de las unidades abordadas.

2.2. El seguimiento.

Con el propósito de reunir información sobre el desarrollo de la propuesta se implementan distintas estrategias que dan cuenta de la evolución del proyecto, acorde a los objetivos generales propuestos, a saber:

- Observación participante y registro escrito en un cuaderno de notas de campo incluyendo descripciones e impresiones referidas a la interacción y participación cotidiana de los estudiantes en clase, de actitudes que revelen interés y que además den cuenta de por ejemplo: Interacción de conceptos, relaciones, modelos presentes, capacidad de síntesis, procesos de comprensión de los enunciados, intervención del docente y el estudiante, uso de esquemas, palabras claves desde la perspectiva del estudiante y el alumno, etc.-
- Análisis en parciales, trabajos prácticos, etc. de distintos elementos (existencia y calidad de mapas conceptuales, etc.) dando cuenta de: operación de integración, dominio del contenido, tipo de pensamiento promovido, representaciones, modelos, etc., utilizados, uso de prácticas metacognitivas, modo de pensamiento de los estudiantes sobre la disciplina, procesos constructivos que se generan, etc.
- Cuestionario tendiente a indagar las percepciones que el estudiante advierte en la propuesta metodológica, así como también el impacto en su formación profesional al finalizar el cuatrimestre.

Complementario de estos instrumentos, se promueven diferentes estrategias en un proceso en el que es necesario una participación de todos los involucrados, a través de: una autoevaluación integral de los miembros responsables de la cátedra apoyada por el análisis del registro de observaciones generales realizado durante cada encuentro y que contempla los distintos niveles del Proyecto de Evaluación, una discusión grupal con los alumnos al finalizar el cuatrimestre, y luego de haber completado la evaluación formal, con el fin de recoger críticas, opiniones y sugerencias vinculadas a las propuestas de la cátedra que permitan relevar opiniones sobre la revisión metodológica propuesta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Una manera de evaluar la significatividad de los cambios es tener en cuenta los resultados académicos de los estudiantes al finalizar el primer año de la experiencia, y una valoración cuantitativa da cuenta de una disminución del porcentaje de alumnos libres por parcial en relación a años anteriores, que si bien no es significativa si pensamos que de 45% se reduce a un 42%, es un indicador positivo de la evolución de la propuesta. Esto es sumamente importante si consideramos que nos estamos refiriendo a una materia de primer año, momento particularmente difícil en una carrera por producirse el mayor número de abandono.

En la exploración de las articulaciones que los estudiantes advierten inicialmente entre la Química y la profesión elegida a través de entrevistas y cuestionarios y, las devoluciones que luego pueden realizar a partir del tránsito realizado en la asignatura potenciando la perspectiva sobre el perfil profesional y la inserción laboral.

No menos elocuente resulta la asistencia regular de los estudiantes a las clases considerando que las mismas revisten actualmente carácter de no obligatoriedad, así como también a las consultas, sumados a una mayor participación en clases, el tipo de preguntas que formulan, etc. percepciones registradas a partir de la observación participante y registro escrito en el cuaderno de notas de campo implementado por la Cátedra.

Otra valoración positiva realizada desde la cátedra esta en relación al estilo de las situaciones de enseñanza y de aprendizaje que habitualmente se le presentan al estudiante de Ingeniería, que en general dificulta la instancia de circulación de la palabra, tanto oral como escrita, por ello se destaca la posibilidad de desarrollar habilidades referidas a la comunicación oral y escrita como un requerimiento real para el buen desempeño académico en esta instancia de la carrera, aunque sin lugar a dudas repercutirá a posteriori en lo profesional, asumiéndose las dificultades implícitas en estas tareas por la falta de experiencias similares.

4. CONCLUSIONES:

Los docentes de primer año de la universidad debemos implementar estrategias que contribuyan a superar las dificultades habituales a las que nos enfrentamos en relación a competencias básicas requeridas a los estudiantes para asegurar su permanencia en la universidad. Dificultades que desde nuestro discurso se sintetizan muchas veces como “los chicos vienen sin herramientas”, refiriéndonos a un conjunto de saberes y habilidades pero también de actitudes que observamos como imprescindibles para no fracasar en el estudio. Pero como docentes ¿nos preparamos para superar esta problemática.

En este trabajo hemos intentado dar cuenta de una experiencia didáctica cuyo objetivo es contribuir positivamente a la inserción y permanencia del estudiante de las carreras de ingeniería brindando herramientas desde la asignatura Química General.

Los resultados de la experiencia, aunque parciales, son alentadores, pues:

- Es posible relevar cambios de actitud favorables de los estudiantes de Ingeniería Mecánica, Electricista y en Telecomunicaciones hacia la Química que dan cuenta de un incremento no solo por el interés en la materia, sino también por la calidad de las producciones academicas solicidas en las que se observa un mayor grado y nivel de integración..
- Los resultados cuantitativos corroboran las conclusiones anteriores, observándose un incremento en la porcentual en la cantidad de alumnos que cumplimentan los requerimientos de la cátedra al terminar el cursado de la misma.

Queda, sin embargo, continuar con la segunda etapa del proyecto en el que encuadra la experiencia para realizar los ajustes que se observen como necesarios.

5. REFERENCIAS.

[1] Lanz, Rigoberto (1997). “Una nueva visión del Postgrado, estrategias para dirigir procesos de cambio”. *Taller de Postgrado y recursos humanos para la docencia, investigación y extensión*. Valencia, España.

[2[Perrenoud, Philippe (1999). *Construir competencias desde la escuela.* Dolmen Ediciones. Primera Edición. Chile.

[3] Macchiarola, Viviana. *"Currículo basado en competencias. Sentidos y críticas".* Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. Año 8, N° 14. Julio 2007.

[4] Nuñez, José Carlos; Gonzalez Plumariega, Sol. 1996. "Motivación y aprendizaje escolar". *Actas Congreso Nacional sobre Motivación e Instrucción*, pp. 53-72.

[5] Salas Zapata, Walter. "Formación por competencias en Educación Superior. Una aproximación conceptual a propósito del caso colombiano". *Revista Iberoamericana de Educación*. Boletín 36/9. ISBN 1681 5653.

[6] Acosta, Raul et al. "Problemas integradores como formadores de competencias en los estudiantes futuros profesionales de la ingeniería". Actas Congreso II CAIM 2010. Noviembre. San Juan

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE RETICULADOS PLANOS CON FINES DIDÁCTICOS DESARROLLADO CON SOFTWARE LIBRE.

Simoncelli, Alejandro*[1], Hirak, Matias[2] y Heidenreich, Elvio[3]

[1,2,3] *Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería*
Ruta 4 - Km. 2 - Lomas de Zamora (CP 1832).
simoncelli.a@gmail.com[1]
m.hirak@hotmail.com[2]
elvioh@gmail.com [3]

RESUMEN

En la actualidad las tecnologías de la información han invadido todos los aspectos de nuestra vida, especialmente en el ejercicio de la ingeniería, donde cada vez más los elementos de cálculo tradicional son reemplazados por sus congéneres informáticos. Debido a esto, es necesario la incorporación del uso de software en las actividades curriculares, con el fin de familiarizar al alumno en su uso, y entrenarlo más efectivamente para su desarrollo, ya sea como profesional o como investigador.
El objetivo de este trabajo será el desarrollo de software libre para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje e incorporarlo como una herramienta para el cálculo de reticulados planos de barras de vinculación externa isostática e hiperestática, resuelto mediante el método de elementos finitos (MEF).
Con ello se busca que el alumno incorpore conceptos de modelado de sistemas físicos, formulación del problema, grados de libertad de los elementos, matriz de rigidez local y global, ensamblaje del sistema de ecuaciones, su resolución y su posterior análisis de dicho problema.
Este programa de cálculo fue íntegramente desarrollado en OCTAVE, usando todas las capacidades de desarrollo gráfico y solver de resolución de sistemas de ecuaciones disponibles en dicha herramienta.

Palabras Claves: Elementos finitos, reticulados, discretización, ecuación de Poisson

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo completa la cátedra de Modelado de sistemas Físicos de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, y busca en su realización que el alumno adquiera una perspectiva de cada una de las etapas que conforman la resolución de un problema utilizando el Método de Elementos Finitos (MEF) y al mismo tiempo brindar un material didáctico y una herramienta informática para facilitar la incorporación de los conceptos tratados, por parte de futuros alumnos. Bajo estas premisas el trabajo será enfocado a la resolución de reticulados planos de barras de vinculación externa isostática e hiperestática.

En la siguiente sección se da la base matemática del método, desarrollada a partir de la ecuación de gobierno del problema, la ecuación de Poisson, hasta su aplicación a reticulados planos, para hallar la deformación longitudinal de sus elementos, poniendo énfasis en el correcto armado de la matriz de rigidez global. Finalmente se explica la obtención de variables de diseño; tensiones y cargas en los apoyos de la estructura, y se presentan los resultados obtenidos a partir del software desarrollado, que a su vez sirve para realizar un seguimiento del método de resolución y facilita su compresión.

2. CONCEPTOS MATEMÁTICOS EMPLEADOS.

En este apartado se detallaran algunos conceptos y bases matemáticas de importancia que fueron empleadas para la elaboración del programa y que se consideran importantes para que el alumno incorpore.

2.1. Método de residuos ponderados.

El método de residuos ponderados transforma la ecuación diferencial que gobierna el problema en una expresión integral equivalente. Es en nuestro caso, la ecuación de Poisson, Ecuación (1).

$$A(\phi) = \frac{d}{dx}\left(k\frac{d\phi}{dx}\right) + Q = 0 \text{ en } \Omega \tag{1}$$

Con las condiciones de contorno expresadas por la Ecuación (2)

$$B(\phi): \begin{matrix} \phi - \bar{\phi} = 0 \quad en \quad \Gamma_\phi \\ k\frac{d\phi}{dx} + \bar{q} = 0 \quad en \quad \Gamma_q \end{matrix} \tag{2}$$

En donde Γ_ϕ es el contorno de Dirichlet donde se prescribe la función incógnita y Γ_q es el contorno de Neumann donde se prescribe el flujo que entra o sale del dominio. Las variables ϕ, k, Q y q tendrán distintos significados según el caso de estudio

La forma integral equivalente a las ecuaciones de gobierno anteriores, se obtiene multiplicando las expresiones, Ecuación (1) y Ecuación (2) por funciones de peso e integrando sobre el dominio de definición de cada ecuación.

$$\int_\Omega W(x)A(\phi)dx + \oint_\Gamma \bar{W}(x)B(\phi)d\Gamma = 0 \tag{3}$$

Siendo $W(x)$ y $\bar{W}(x)$ las funciones de peso y de cumplirse la ecuación integral anterior, para cualquier par de funciones de peso debe cumplirse necesariamente:

$$A(\phi) = 0 \ en \ \Omega \qquad y \qquad B(\phi) = 0 \ en \ \Gamma$$

Visto en sentido inverso, de cumplirse Ecuación (1) y (2) la Ecuación (3) se satisface para cualquier función de peso. De esta manera la resolución del problema puede plantearse a partir de las Ecuaciones (1) y (2) o de la expresión (3).

Esta última expresión permite, haciendo empleo de la propiedad aditiva de las integrales expresarla de la siguiente manera:

$$\sum_e \int_{\Omega^e} W(x)A(\phi)d\Omega + \sum_e \oint_{\Gamma^e} \bar{W}(x)B(\phi)d\Gamma = 0 \tag{4}$$

Donde la sumatoria se extiende sobre el conjunto de dominios no intersectantes entre sí (elementos) que cubren el dominio total Ω y contorno Γ . La Ecuación (4) es la base del proceso de ensamblaje en el Método de Elementos Finitos (MEF) [1].

2.1.1. Forma débil del método de residuos ponderados.

Considerando nuevamente la ecuación de Poisson en una dimensión:

$$\frac{d}{dx}(k\frac{d\phi}{dx}) + Q = 0$$

Con condiciones de borde:

$$\begin{cases} \phi - \bar{\phi} = 0 \quad en \quad x = 0 \\ k\dfrac{d\phi}{dx} + \bar{q} = 0 \quad en \quad x = l \end{cases}$$

La forma integral se obtiene multiplicando las ecuaciones anteriores por funciones de peso e integrando sobre el dominio.

$$\int_0^l W[\frac{d}{dx}(k\frac{d\phi}{dx}) + Q]dx + [\bar{W}(k\frac{d\phi}{dx} + \bar{q})]_l = 0 \tag{5}$$

Analizando esta expresión podemos observar que:

- ϕ se encuentra derivada dos veces, por lo que se le exige continuidad en la función y su primera derivada para que sea integrable lo que se denota como continuidad C^1
- k se encuentra derivada solo una vez por lo que solo la función debe ser continua C^0. Esto genera inconvenientes en los casos de problemas en los que el dominio de análisis contenga varios materiales
- W no está afectada ninguna derivada, por lo que no se imponen requisitos de continuidad, por lo que puede ser discontinua. Los requisitos continuidad anteriores resultan "*asimétricos*" respecto a ϕ y W. Esta asimetría genera formas no simetricas del sistema de ecuaciones algebraicas resultantes de la discretización.

Con el fin de resolver esto se acude al método de integración por partes para el término:

$$\int_0^l W[\frac{d}{dx}(k\frac{d\phi}{dx})]dx$$

Recordando que:

$$\int_0^l udv = [uv]_0^l - \int_0^l vdu$$

Siendo $u = W$ y $v = k\frac{d\phi}{dx}$, se tiene:

$$\int_0^l W[\frac{d}{dx}(k\frac{d\phi}{dx})]dx = [Wk\frac{d\phi}{dx}]_0^l - \int_0^l \frac{dW}{dx}k\frac{d\phi}{dx}dx \tag{6}$$

Sustituyendo en la forma integral Ecuación (5), se obtiene

$$-\int_0^l \frac{dW}{dx}k\frac{d\phi}{dx}dx + \int_0^l WQdx + [Wk\frac{d\phi}{dx}]_0^l + [\bar{W}(k\frac{d\phi}{dx} + \bar{q})]_l = 0 \tag{7}$$

Se observa que han cambiado los requisitos de continuidad. Ahora, ϕ y W están derivadas solo una vez, por lo requieren de continuidad C^0 y k, que ahora no está afectada por derivadas, puede ser discontinua.

La expresión Ecuación (7) recibe el nombre de forma integral *débil* (o *forma débil*).
Si asumimos por conveniencia que la función de peso responde a $\bar{W} = -W$ en la forma débil, Ecuación (7), reorganizando y recordando que $q = -k\frac{d\phi}{dx}$ (condición de borde) se llega:

$$\int_0^l \frac{dW}{dx} k \frac{d\phi}{dx} dx = \int_0^l WQdx - [Wkq]_0 - [\bar{W}\bar{q}]_l \tag{8}$$

Donde como se dijo anteriormente el significado de las variables depende del campo físico analizado [1]. En la Tabla 1 se ha hecho un resumen de ellas.

Tabla 1. Equivalentes físicas en distintos campos. [2]

Campo	Variable principal ϕ	Coeficiente k	Término Q	Variable secundaria q
Barras	Deformación longitudinal	E.A	Carga distribuida	Carga axial
Transferencia de calor	Temperatura	K	Generación de calor interna	Flujo de calor
Flujo en tuberías	Presión hidrostática	$\frac{\pi D^4}{128\mu}$	Flujo de origen	Caudal
Electroestática	Potencial eléctrico	ϵ	Densidad de carga	Flujo eléctrico

Retomando la Ecuación (8) puede destacarse lo siguiente:

- ϕ desaparece del contorno en donde la carga axial está prescrita ($x = l$)
- En caso de prescribir la carga axial en $x = l$ a un valor nulo $\bar{q} = 0$ desaparece también en la forma débil, Ecuación (8) toda referencia a la condición de Neumann. Esta condición carga nula o flujo nulo si se habla en transferencia de calor, recibe el nombre de contorno natural.
- q_0 es la carga que entra al sistema en donde está prescrito el valor de ϕ en $x = 0$. Esto representa las reacciones en $x = 0$ que pueden calcularse en post proceso, una vez conocida la solución aproximada de ϕ en todo el dominio.

2.2. Discretización de la forma débil.
La forma integral débil resulta el punto de partida para obtener las ecuaciones de la discretización. Así se sustituye la aproximación de ϕ definida por:

$$\phi \simeq \hat{\phi} = \sum_{j=1}^{n} N_j a_j \tag{9}$$

Que incluyendo en la forma débil Ecuación (7), eligiendo n funciones de peso $W_i, i = 1,2,\ldots,n$ se obtiene

$$\int_0^l \frac{dW_i}{dx} k \sum_{j=1}^{n} \frac{dN_j a_j}{dx} dx = \int_0^l WQdx - [Wkq]_0 - [\bar{W}\bar{q}]_l$$

$$i = 1,2,\ldots,n$$

Es decir:

Para i=1 $$\int_0^l \frac{dW_1}{dx} k \left(\frac{dN_1}{dx} a_1 + \frac{dN_2}{dx} a_2 + \ldots + \frac{dN_n}{dx} a_n\right) dx = \int_0^l W_1 Q dx + (W_1 q)_0 - (W_1 \bar{q})_l$$

Para i=2 $$\int_0^l \frac{dW_2}{dx} k\,(\frac{dN_1}{dx}a_1 + \frac{dN_2}{dx}a_2 + \ldots + \frac{dN_n}{dx}a_n)dx = \int_0^l W_2 Q dx + (W_2 q)_0 - (W_2 \bar{q})_l$$

Para i=n $$\int_0^l \frac{dW_n}{dx} k\,(\frac{dN_1}{dx}a_1 + \frac{dN_2}{dx}a_2 + \ldots + \frac{dN_n}{dx}a_n)dx = \int_0^l W_n Q dx + (W_n q)_0 - (W_n \bar{q})_l$$

Si se analizan las ecuaciones anteriores sería más conveniente escribirlas en forma matricial de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \ldots & K_{14} \\ K_{21} & K_{22} & \ldots & K_{24} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ K_{41} & K_{42} & \ldots & K_{44} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \ldots \\ a_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \ldots \\ f_n \end{Bmatrix}, \qquad [K]\{a\} = \{f\}$$

Donde cada termino K_{ij} y $f_i$tiene la siguiente expresión

$$K_{ij} = \int_0^l \frac{dW_i}{dx} k \frac{dN_j}{dx} dx \tag{10}$$

$$f_i = \int_0^l W_i Q dx + (W_i q)_0 - (W_i \bar{q})_l \tag{11}$$

La elección de las funciones de peso $W_{(x)}$ definirá el método, como puede ser, Colocación puntual, de Subdominios, de Galerkin, etc. Particularmente $W_i = N_i$ corresponde con el método de Galerkin [1].

2.3. Discretización del dominio. Definición "local" de las funciones de forma.

Supongamos que se dispone de una barra dividida en elementos unidimensionales y definimos en cada uno de ellos una aproximación de nuestra incógnita. De esta manera se expresa la variable $\phi(x)$ de cada elemento mediante un polinomio lineal.

$$\phi^{(e)}(x) \simeq \hat{\phi}^{(e)}(x) = \sum_{i=0}^{1} \alpha_i x^i = \alpha_0 + \alpha_1 x \tag{12}$$

Eligiendo los extremos del elemento como puntos de base y considerando que allí la aproximada y la real tomaran el mismo valor se tiene:

$$\hat{\phi}^{(e)}(x_1) = \phi_1^{(e)} = \alpha_0 + \alpha_1 x_1^{(e)}$$
$$\hat{\phi}^{(e)}(x_2) = \phi_2^{(e)} = \alpha_0 + \alpha_1 x_2^{(e)}$$

Recordemos que $x_1^{(e)}$ y $x_2^{(e)}$representan los extremos inicial y final del elemento *e* en estudio. Resolviendo se obtiene

$$\alpha_0 = \phi_1^{(e)} - \frac{\phi_2^{(e)} - \phi_1^{(e)}}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}} x_1^{(e)} \qquad \text{y} \qquad \alpha_1 = \frac{\phi_2^{(e)} - \phi_1^{(e)}}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}}$$

Sustituyendo en la Ecuación (12)

$$\hat{\phi}^{(e)}(x) = (\phi_1^{(e)} - \frac{\phi_2^{(e)} - \phi_1^{(e)}}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}} x_1^{(e)}) + (\frac{\phi_2^{(e)} - \phi_1^{(e)}}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}})x$$

Tras sacar factor común $\phi_1^{(e)}$y $\phi_2^{(e)}$

$$\hat{\phi}^{(e)}(x) = \frac{x_2^{(e)} - x}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}}\phi_1^{(e)} + \frac{x - x_1^{(e)}}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}}\phi_2^{(e)} = N_1^{(e)}\phi_1^{(e)} + N_2^{(e)}\phi_2^{(e)} = \sum_{i=1}^{2} N_i^{(e)}\phi_i^{(e)}$$

De donde se deducen las expresiones de las funciones de forma $N_i^{(e)}$, recordar Ecuación (9).

$$N_1^{(e)}(x) = \frac{x_2^{(e)} - x}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}} = \frac{x_2^{(e)} - x}{l^{(e)}} \quad (13)$$

$$N_2^{(e)}(x) = \frac{x - x_2^{(e)}}{x_2^{(e)} - x_1^{(e)}} = \frac{x - x_1^{(e)}}{l^{(e)}} \quad (14)$$

Cabe destacar que para:

$$x = x_1^{(e)} \rightarrow N_1^{(e)}(x_1) = 1 \quad \text{y} \quad N_2^{(e)}(x_2) = 0$$
$$x = x_2^{(e)} \rightarrow N_1^{(e)}(x_1) = 0 \quad \text{y} \quad N_2^{(e)}(x_2) = 1$$

Esto demuestra la propiedad de las funciones de forma en la que toman el valor de la unidad en el nodo y cero en los otros nodos y es de gran importancia en nuestro análisis ya que cada barra que compone el dominio en las estructuras analizadas corresponde a un elemento [1]. Esto nos da la base de inicio para realizar la extrapolación a dos dimensiones en los casos en que todas las uniones entre las barras sean cuplas rotoides.

2.4. Aplicación a una barra horizontal.

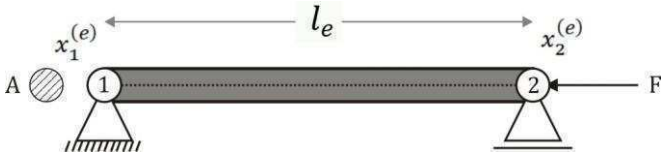


Figura 1. Barra horizontal

Si disponemos de una barra como en la Figura 1 tomado la Ecuación (10), aplicando el método de Galerkin que establece que $W_i = N_i$ y reemplazamos $k = EA$ (producto del modulo de Young por el área de la barra), tenemos:

$$K_{ij} = \int_0^l \frac{dW_i}{dx} k \frac{dN_j}{dx} dx = \int_0^l \frac{dN_i}{dx} k \frac{dN_j}{dx} dx = EA \int_0^l \frac{dN_i}{dx} \frac{dN_j}{dx} dx$$

Como ejemplo para $i = 1$, $j = 2$

$$K_{12} = EA \int_0^l \frac{dN_1}{dx} \frac{dN_2}{dx} dx = EA \int_0^l \frac{-1}{l^{(e)}} \frac{1}{l^{(e)}} dx = \frac{EA}{l^{(e)}} (-1)$$

Desarrollando de la misma para los demás K_{ij} manera se llega

$$\mathrm{K}^e = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Solo nos queda armar el vector de Fuerzas definido por la Ecuación (11) aplicando Galerkin

$$f_i = \int_0^l N_i Q dx + (N_i q)_0 - (N_i \bar{q})_l = (N_i q)_0 = q$$

Donde el término integral es cero dado que no hay carga distribuida Q; luego el tercer término se hace cero dadas las propiedades de las funciones de forma explicadas al final del apartado anterior (toman el valor de la unidad en el nodo y cero en los demás) y por esta misma propiedad $f_i = q$, para el

segundo término. Por lo tanto el sistema resulta:

$$\frac{EA}{l}\begin{bmatrix}1 & -1\\ -1 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a_1\\ a_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0\\ F\end{bmatrix}$$

A este sistema únicamente falta aplicarle las condiciones de vínculo que se verá en el apartado siguiente.

3. APLICACIÓN DEL MÉTODO A RETICULADOS PLANOS.

Con el fin de comprender mejor y para ayudar al aprendizaje se hizo un programa en lenguaje OCTAVE, que permiten que el alumno vea, paso a paso, como se desarrolla el problema pasando por las matrices de rigidez elementales, y como cada término de ésta se ensambla en la matriz de rigidez global.

3.1. Trasformación de coordenadas.

Para poder pasar lo visto previamente a un sistema bidimensional, basta considerar que habiendo únicamente cuplas de tipo rotoide, los esfuerzos, y por consiguiente las deformaciones en las barras, estarán contenidas en la dirección de la misma. Consideraremos una barra con un k constante y orientada a un ángulo θ respecto del semieje positivo x (ver Figura 2). Si tomamos como referencia un sistema de ejes locales $(\bar{x}^e, \bar{y}^e)$, y nombramos como $(\bar{u}_i^e, \bar{v}_i^e)$ y $(\bar{F}_i^e, 0)$ a los desplazamientos y las fuerzas en el nodo i, podemos expresar lo siguiente [2]:

$$\frac{E^e A^e}{l^e}\begin{bmatrix}1 & 0 & -1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0\\ -1 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\bar{u}_1^e\\ \bar{v}_1^e\\ \bar{u}_2^e\\ \bar{v}_2^e\end{Bmatrix}=\begin{Bmatrix}\bar{F}_1^e\\ 0\\ \bar{F}_2^e\\ 0\end{Bmatrix} \Rightarrow [\bar{K}^e].\{\bar{a}^e\}=\{\bar{F}^e\} \qquad (15)$$

Que si recordamos los resultados del apartado anterior únicamente se ha incorporado la existencia de de la referencia $\bar{v}_i^e$ con las condiciones previamente explicadas, esto resulta mucho más claro de si se efectúa el producto.

Aclaramos que para diferenciar a las variables locales de las globales, se les adicionará a las primeras una barra en la parte superior.

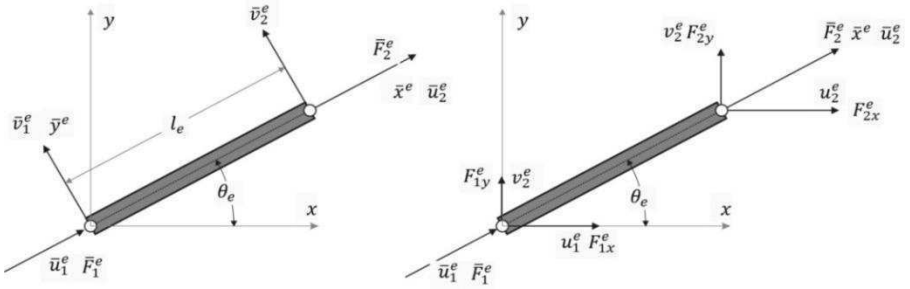


Figura 2 Desplazamientos en barras en ambos sistemas de referencia [2]

La relación de transformación entre coordenadas locales y globales es

$$\bar{x}^e = x.cos\theta^e + y.sen\theta^e \quad , \quad \bar{y}^e = -x.sin\theta^e + y.cos\theta^e$$
$$x = \bar{x}^e.cos\theta^e - \bar{y}^e \quad , \quad y = \bar{x}^e.sen\theta^e + \bar{y}^e.cos\theta^e$$

En forma matricial, tenemos

$$\begin{bmatrix}\bar{x}^e\\ \bar{y}^e\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\cos\theta^e & sen\theta^e\\ -sen\theta^e & \cos\theta^e\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x\\ y\end{bmatrix} \quad \text{y} \quad \begin{bmatrix}x\\ y\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\cos\theta^e & -sen\theta^e\\ sen\theta^e & \cos\theta^e\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\bar{x}^e\\ \bar{y}^e\end{bmatrix}$$

Para un elemento, tenemos

$$\begin{Bmatrix} \bar{u}_1^e \\ \bar{v}_1^e \\ \bar{u}_2^e \\ \bar{v}_2^e \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta^e & sen\theta^e & 0 & 0 \\ -sen\theta^e & \cos\theta^e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\theta^e & sen\theta^e \\ 0 & 0 & -sen\theta^e & \cos\theta^e \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1^e \\ v_1^e \\ u_2^e \\ v_2^e \end{Bmatrix} \tag{16}$$

$$\{\overline{a_e}\} = [T_e]\{a_e\} \tag{17}$$

De igual manera, podemos transformar a coordenadas locales las fuerzas, quedando

$$\{\bar{F}_e\} = [T_e]\{F_e\} \tag{18}$$

Reemplazando las ecuaciones (17) y (18) en (15), obtenemos

$$[\overline{K_e}][T_e]\{a_e\} = [T_e]\{F_e\}$$

Para simplificar el cálculo, multiplicamos ambos miembros por $[T_e]^{-1}$, o lo que es lo mismo $[T_e]^T$ operando y simplificando, obtenemos

$$[T_e]^T[\overline{K_e}][T_e]\{a_e\} = \{F_e\} \quad o \quad [K_e]\{a_e\} = \{F_e\}$$

Donde

$$[K_e] = [T_e]^T[\overline{K_e}][T_e] \quad \text{y} \quad \{F_e\} = [T_e]^T\{\bar{F}_e\}$$

$$[K^e] = \frac{E^e A^e}{l^e}\begin{bmatrix} \cos^2\theta^e & \frac{1}{2}sen2\theta^e & -\cos^2\theta^e & \frac{-1}{2}sen2\theta^e \\ \frac{1}{2}sen2\theta^e & sen^2\theta^e & \frac{-1}{2}sen2\theta^e & -sen^2\theta^e \\ -\cos^2\theta^e & \frac{-1}{2}sen2\theta^e & \cos^2\theta^e & \frac{1}{2}sen2\theta^e \\ \frac{-1}{2}sen2\theta^e & -sen^2\theta^e & \frac{1}{2}sen2\theta^e & sen^2\theta^e \end{bmatrix} \tag{19}$$

De esta manera podemos generar las matrices de rigidez de cada elemento teniendo como referencia los ejes globales. [2]
Introduciremos ahora el concepto de grados de libertad, que en si es la suma de las cantidades de coordenadas necesarias para definir un nodo. En un caso unidimensional, tendremos un grado de libertad por nodo, en nuestro caso, el plano, serán dos grados de libertad por nodo. Por ejemplo un elemento de dos nodos en el plano tendrá cuatro grados de libertad (dos por cada nodo, desplazamientos en x e y), que serán numerados (1, 2, 3, 4), por términos prácticos. Un reticulado de tres elementos formando un triangulo tendrá seis grados de libertad, (1, 2, 3, 4, 5, 6), correspondiendo de a pares a los nodos 1, 2, 3. Tomemos la Figura 3 como guía:

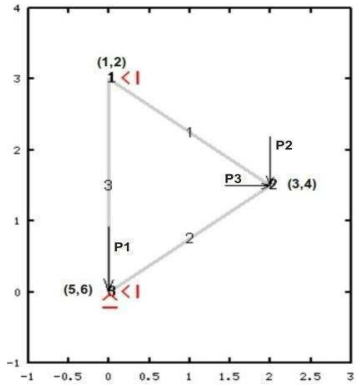


Figura 3. Estructura de 3 barras indicando nodos, grados de libertad y condiciones de contorno.

Sin embargo, a la hora de ensamblar cada matriz elemental en la matriz global hay que considerar los grados de libertad que cada nodo tiene asociados, ya que serán éstos los que definirán la posición de cada celda de la matriz elemental en la matriz global. Para comprender esto realizamos el siguiente ejemplo, en él mostramos las matrices de rigidez de cada elemento y en la parte superior y derecha de las mismas, colocamos los grados de libertad afectados por el elemento (asociados a los nodos que definen el elemento). Para ser más explicativos miremos la matriz de rigidez del elemento 2 se ha resaltado el elemento (2,4) de la matriz que tiene asociados los grados de libertad (4,6) por lo tanto en la matriz general le corresponderá esta posición, de igual manera se procede con todas las celdas de todos los elementos.

$$|K^1| = \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix}\begin{bmatrix} K^1_{11} & K^1_{12} & K^1_{13} & K^1_{14} \\ K^1_{21} & K^1_{22} & K^1_{23} & K^1_{24} \\ K^1_{31} & K^1_{32} & K^1_{33} & K^1_{34} \\ K^1_{41} & K^1_{42} & K^1_{43} & K^1_{44} \end{bmatrix}\begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} \quad |K^2| = \begin{matrix} 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix}\begin{bmatrix} K^2_{11} & K^2_{12} & K^2_{13} & K^2_{14} \\ K^2_{21} & K^2_{22} & K^2_{23} & K^2_{24} \\ K^2_{31} & K^2_{32} & K^2_{33} & K^2_{34} \\ K^2_{41} & K^2_{42} & K^2_{43} & K^2_{44} \end{bmatrix}\begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} \quad |K^3| = \begin{matrix} 1 & 2 & 5 & 6 \end{matrix}\begin{bmatrix} K^3_{11} & K^3_{12} & K^3_{13} & K^3_{14} \\ K^3_{21} & K^3_{22} & K^3_{23} & K^3_{24} \\ K^3_{31} & K^3_{32} & K^3_{33} & K^3_{34} \\ K^3_{41} & K^3_{42} & K^3_{43} & K^3_{44} \end{bmatrix}\begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 5 \\ 6 \end{matrix}$$

$$|K^G| = \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix}\begin{bmatrix} K^1_{11}+K^3_{11} & K^1_{12}+K^3_{12} & K^1_{13} & K^1_{14} & K^3_{13} & K^3_{14} \\ K^1_{21}+K^3_{31} & K^1_{22}+K^3_{22} & K^1_{23} & K^1_{24} & K^3_{23} & K^3_{24} \\ K^1_{31} & K^1_{32} & K^1_{33}+K^2_{11} & K^1_{34}+K^2_{12} & K^2_{13} & K^2_{14} \\ K^1_{41} & K^1_{42} & K^1_{43}+K^2_{21} & K^1_{44}+K^2_{22} & K^2_{23} & K^2_{24} \\ K^3_{31} & K^3_{32} & K^2_{31} & K^2_{32} & K^2_{33}+K^3_{33} & K^2_{34}+K^3_{34} \\ K^3_{41} & K^3_{42} & K^2_{41} & K^2_{42} & K^2_{43}+K^3_{43} & K^2_{44}+K^3_{44} \end{bmatrix}\begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix}$$

Figura 4. Ensamble del sistema.

Destacamos que la matriz global, al igual que las matrices elementales, son simétricas.
Las condiciones de borde del sistema estarán dadas por la vinculación externa y la consideraremos como que "restringe determinado grado de libertad"; es así como el vínculo simple del diagrama en el nodo 1 nos restringe el grado de libertad 1, el desplazamiento en x será nulo. El vínculo del nodo 3, al ser doble, restringe todos los grados de libertad de ese nodo por lo que será un nodo que se mantendrá fijo.
Para incorporar esto en nuestro sistema será necesario incorporar dichas condiciones en el sistema a resolver que recordando lo visto previamente será:

$$[K^G]\{a\} = \{F\}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K^1_{22}+K^3_{22} & K^1_{23} & K^1_{24} & 0 & 0 \\ 0 & K^1_{32} & K^1_{33}+K^2_{11} & K^1_{34}+K^2_{12} & 0 & 0 \\ 0 & K^1_{42} & K^1_{43}+K^2_{21} & K^1_{44}+K^2_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ 0 \\ F_6 = 0 \end{Bmatrix}$$

Aquí se evidencia que en a_1, a_5, a_6 serán nulos manifestándose la existencia de los vínculos externos. Notar que F_6 es decir las cargas en el eje y del nodo 3, presentes en la Figura se han cambiado por 0 esto se debe a que dicha carga es absorbida por el vínculo, haciendo que el desplazamiento a_6 sea indefectiblemente nulo. Lo mismo ocurre con F_1 y F_5 sin embargo inicialmente no habían cargas en dichos nodos. Resta únicamente reemplazar las F restantes por las cargas en sus respectivos grado de libertad por lo tanto $F_2 = 0$, $F_3 = \mathrm{P3}$ y $F_4 = \mathrm{P2}$.
De esta manera finalmente, ya disponemos del sistema a resolver. Obteniendo como resultado los desplazamientos nodales, culminando la etapa de resolución por elementos finitos. Todo lo desarrollado a continuación, pertenece a una etapa de postproceso, que nos brindará las fuerzas internas de las barras y las cargas transferidas a los apoyos.

3.2 Postproceso

Recordemos ahora que la tensión en el elemento está dada por la fuerza axial en la barra, (en nuestro caso todas las barras están solo sometidas a este tipo de esfuerzos), sobre cualquier sección perpendicular a la misma, en nuestro caso uniformes. Por tanto:

$$\sigma^e = -\frac{\overline{P_1^e}}{A_e} = \frac{\overline{P_2^e}}{A_e}$$

No olvidar que la barra sobre cada variable representa que se están tomando sobre los ejes locales del elemento.

Las fuerzas $\overline{P_1^e}$ y $\overline{P_2^e}$ pueden ser calculadas como

$$\begin{bmatrix} \overline{P_1^e} \\ \overline{P_2^e} \end{bmatrix} = \frac{A_e . E_e}{h_e} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{u_1^e} \\ \overline{u_2^e} \end{bmatrix}$$

Siendo los desplazamientos locales calculados por

$$\begin{Bmatrix} \overline{u_1^e} \\ \overline{v_1^e} \\ \overline{u_2^e} \\ \overline{v_2^e} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_e & sen\theta_e & 0 & 0 \\ -sen\theta_e & \cos\theta_e & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\theta_e & sen\theta_e \\ 0 & 0 & -sen\theta_e & \cos\theta_e \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1^e \\ v_1^e \\ u_2^e \\ v_2^e \end{Bmatrix}$$

Finalmente resta obtener las reacciones de vínculo externas, para esto simplemente se realiza la suma vectorial de las fuerzas concurrentes al nodo con fijación y se obtiene su equilibrante, estas fuerzas están constituidas por los esfuerzos de las barras y las cargas. Es muy importante que en la programación no se caiga en el error de utilizar el vector de cargas utilizado para resolver el sistema, ya que este tiene las condiciones de contorno aplicadas y por tanto tiene posiblemente fuerzas que han sido anuladas. Esto es así por la forma que tenemos de ensamblar y resolver el sistema.

4. RESULTADOS:

El siguiente ejemplo ha sido resuelto con el programa desarrollado. Analizaremos a modo de ejemplo la resolución del siguiente sistema, compuesto por 4 nodos, conformando 5 barras de acero, (E=200 GPa) la barra 1 y 2 tienen una sección de 30 cm^2 y las restantes 40 cm^2. Sobre el nodo 2 hay aplicada una fuerza de 190KN, sustentado por dos apoyos dobles en los nodos 1 y 4 como se muestra en la Figura 5.

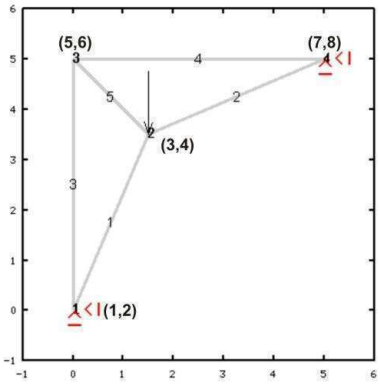


Figura 5 Estructura de 5 barras, generada en el programa desarrollado.

El programa utiliza un archivo de malla, el cual tienen todos los datos requeridos, ejecuta la rutina y brinda las matrices de rigidez de cada elemento, estas pueden ser usadas para corroborar como se

ensamblan en la matriz general, para reforzar su comprensión o corroborar resultados, Figura 6

```
Elemento  1   Sen = 0.91915          Cos = 0.39392     l = 3.8079
Ke1 =     3.2600e+07        7.6067e+07       -3.2600e+07       -7.6067e+07
          7.6067e+07        1.7749e+08       -7.6067e+07       -1.7749e+08
         -3.2600e+07       -7.6067e+07        3.2600e+07        7.6067e+07
         -7.6067e+07       -1.7749e+08        7.6067e+07        1.7749e+08
-------------------------------------------------------------
Elemento  2   Sen = 0.39392          Cos = 0.91915     l = 3.8079
Ke2 =     1.7749e+08        7.6067e+07       -1.7749e+08       -7.6067e+07
          7.6067e+07        3.2600e+07       -7.6067e+07       -3.2600e+07
         -1.7749e+08       -7.6067e+07        1.7749e+08        7.6067e+07
         -7.6067e+07       -3.2600e+07        7.6067e+07        3.2600e+07
-------------------------------------------------------------
Elemento 3     Sen = 1      Cos = 0  l = 5
Ke4 =      0                 0                -0                -0
           0                 120000000        -0                -120000000
          -0                -0                 0                 0
          -0                -120000000         0                 120000000
-------------------------------------------------------------
Elemento 4     Sen = 0      Cos = 1  l = 5
Ke4 =     120000000         0                -120000000        -0
           0                 0                -0                -0
          -120000000        -0                 120000000         0
          -0                -0                 0                 0
-------------------------------------------------------------
Elemento 5   Sen = 0.70711  Cos = -0.70711             l = 2.1213
Ke =       1.4142e+08       -1.4142e+08       -1.4142e+08        1.4142e+08
          -1.4142e+08        1.4142e+08        1.4142e+08       -1.4142e+08
          -1.4142e+08        1.4142e+08        1.4142e+08       -1.4142e+08
           1.4142e+08       -1.4142e+08       -1.4142e+08        1.4142e+08
```

Figura 6 Matrices elementales [3,4]

Recordemos que las matrices elementales se obtienen según lo expuesto previamente según la Ecuación (19). Las contribuciones de cada una de estas a la matriz de rigidez global pueden corroborarse, Figura 7

```
Kg = 3.2600e+07  7.6067e+07 -3.2600e+07 -7.6067e+07  0.0000e+00  0.0000e+00  0.0000e+00  0.0000e+00
     7.6067e+07  2.9749e+08 -7.6067e+07 -1.7749e+08  0.0000e+00 -1.2000e+08  0.0000e+00  0.0000e+00
    -3.2600e+07 -7.6067e+07  3.5151e+08  1.0713e+07 -1.4142e+08  1.4142e+08 -1.7749e+08 -7.6067e+07
    -7.6067e+07 -1.7749e+08  1.0713e+07  3.5151e+08  1.4142e+08 -1.4142e+08 -7.6067e+07 -3.2600e+07
     0.0000e+00  0.0000e+00 -1.4142e+08  1.4142e+08  2.6142e+08 -1.4142e+08 -1.2000e+08  0.0000e+00
     0.0000e+00 -1.2000e+08  1.4142e+08 -1.4142e+08 -1.4142e+08  2.6142e+08  0.0000e+00  0.0000e+00
     0.0000e+00  0.0000e+00 -1.7749e+08 -7.6067e+07 -1.2000e+08  0.0000e+00  2.9749e+08  7.6067e+07
     0.0000e+00  0.0000e+00 -7.6067e+07 -3.2600e+07  0.0000e+00  0.0000e+00  7.6067e+07  3.2600e+07
```

Figura 7 Matriz de rigidez global. [3,4]

En la Figura 8 podemos ver los resultados gráficos brindados por el programa. A la izquierda se puede observar la magnitud de las tensiones presentes en el sistema, mientras que a la derecha se observa una magnificación de las deformaciones debidas al estado de carga.

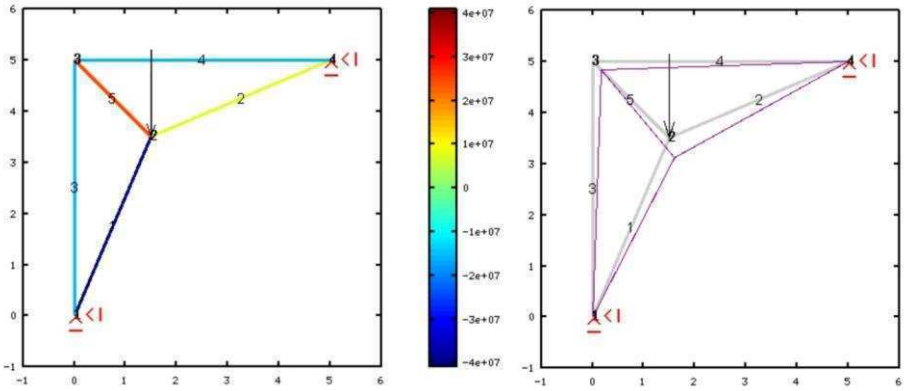


Figura 8 Tensiones y desplazamientos en la estructura.

5. CONCLUSIONES

Como se dijo previamente, la realización de este trabajo completa la cátedra de Modelado de sistemas físicos pretendiendo la incorporación de todos los conceptos referidos al modelado, resuelto por el método de elementos finitos. En base a esto se identificó: en primera instancia, la parte de preproceso, constituida por definición de la geometría, discretización de la misma, definición de materiales y condiciones de contorno; siguiendo la parte de resolución, en donde se parte por el planteo físico-matemático (ecuaciones de gobierno), para luego aplicar el método de residuos ponderados, discretización y ensamblaje matricial, que mediante la incorporación de las condiciones de contorno nos lleva a un sistema de ecuaciones lineales, en donde las incógnitas son nuestra variable principal. Finalmente resuelto el sistema se procede al postproceso, que comprende la conversión de las variables principales en variables de diseño, el volcado de éstas en forma gráfico-numérica y la interpretación de los resultados.

Por otro lado este trabajo deja una herramienta para que pueda ser utilizada en algunas cátedras dictadas en nuestra facultad, como pueden ser Estabilidad I y II, en donde pueden corroborarse los resultados de métodos gráfico-analíticos con las soluciones numéricas y experimentar variando las configuraciones del sistema, enriqueciendo así la experiencia de enseñanza-aprendizaje.

En Modelado de sistemas físicos, los alumnos ya disponen de los conocimientos necesarios como para modificar el software e incluso ampliar sus usos; se espera que sirva, en conjunto con el contenido del trabajo, para facilitar la comprensión del método de elementos finitos y fomentar el interés hacia el método de resolución y no tanto a las herramientas que brindan resultados, sin mayores dificultades. Consideramos que el alumno debe ser familiarizado con el entendimiento del problema.

El programa será colgado en la página de la facultad, o aula virtual de la cátedra correspondiente, con suficientes ejemplos, y una explicación detallada de su uso, y armado de archivo de datos. El código está completamente comentado y sigue principalmente las pautas de programación estructurada separando únicamente en bloques de programación según se trate de lectura de datos (preproceso), resolución numérica y postproceso y presentación de gráficos, lo que facilitará su comprensión y seguimiento de la rutina.

6. REFERENCIAS.

[1] Oñate, Eugenio; Zárate, Francisco. 2010. Introducción al Método de los Elementos Finitos. *Curso Máster en Métodos Numéricos, Universidad Politécnica de Catalunya.* Barcelona, España.

[2] Reddy, J (2006). *An Introduction to the Finite Element Method*. Texas, USA. Tercera edición. Mc Graw-Hill. Singapur.

[3] http://www.gnu.org/software/octave/

[4] Young W. Kwon, Hyochoong Bang. *The Finite Element Method Using MATLAB* (2000). CRC Mechanical Engineering Series.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

La ecuación del calor en el proceso de enseñanza de las carreras de ingeniería.

Heidenreich, Elvio A*[1], Zúñiga, Eduardo[2], Abdel Masih, Samira[3], Bustamente, Gustavo[4].

[*1]Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ingeniería.
Camino de Cintura km 2. Lavallol. Buenos Aires. Argentina.

E-mail:elvioh@gmail.com
[2]E-mail: eduardo.p.zuniga@gmail.com
[3]E-mail:abdel.masih@hotmail.com
[4] E-mail:gustavo_131289@hotmail.com

RESUMEN

En la actualidad, las carreras de Ingeniería exigen integrar conceptos vinculados a diversas ramas de la ciencia. En este sentido, durante el proceso de enseñanza de modelado de sistemas físicos, para estudiar y describir fenómenos de la vida real, se requiere cada vez más de una profunda formación matemática, apoyada por una buena formación informática.
En particular, temas relacionados con Termodinámica y Transferencia de Calor se encuentran presentes en diversos problemas de Ingeniería. De hecho, la transferencia de calor desempeña un rol importante en el diseño de numerosos aparatos, como los radiadores, aislamiento de las tuberías de agua caliente o de vapor de agua, colectores solares y satélites.
En este trabajo se presenta una metodología de propuesta de enseñanza de la transferencia de calor mediante la utilización de una placa rectangular y el estudio de la ecuación del calor en dominios bidimensionales y axisimétricos, sujeta a las condiciones de Dirichlet y de Neumann. Para ello se mostrarán los recursos matemáticos necesarios para resolver dicha ecuación, como Diferencias Finitas y métodos de resolución de sistemas lineales iterativos y directos.
Asimismo, se aplicará la Tecnología Informática para llevar a cabo la simulación de este proceso.
Como objetivo pedagógico se propone que el alumno, desde su formación universitaria, aprenda a integrar los conocimientos de Matemática, Física e Informática, para resolver situaciones problemáticas que se le puedan presentar durante su desempeño profesional.

Palabras Claves: Calor, Métodos numéricos, Solvers, Lenguajes de Programación.

1. INTRODUCCIÓN

El fin didáctico primario de este trabajo es que el alumno que cursa la asignatura *Modelado de sistemas físicos*, aprenda todos los pasos para la resolución de un problema continuo aplicando métodos numéricos, mientras profundiza su conocimiento en áreas tales como matemáticas, física e informática. El fenómeno elegido es la transferencia de calor ya que tiene gran importancia ingenieril y es tratable numéricamente.

Son objetivos complementarios de este trabajo:

- Que el software desarrollado sirva didácticamente para explicar transferencia de calor en otras asignaturas.
- Que la resolución numérica de ecuaciones se incorpore como práctica en la asignatura *Lenguajes de programación*.

En la sección *Materiales y métodos* se describe el fenómeno físico involucrado y las ecuaciones matemáticas que lo modelan. Se expone cómo se pueden discretizar dichas ecuaciones usando el Método de Diferencias Finitas (MDF), el planteo de las mismas y su resolución.

Para la resolución del sistema discreto obtenido, se utilizan solvers iterativos y directos. La programación del MDF se realizó en Lenguaje FORTRAN [1, 2]. Para la integración de todas las herramientas anteriormente mencionadas se está trabajando en lenguaje Python, trabajo aún en curso, para que nuestra facultad cuente con un producto integrado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se hace un repaso de todos los recursos físicos, matemáticos y computacionales necesarios para el desarrollo de un software y resolver un problema concreto en ingeniería como es la transmisión de calor.

2.1 Transferencia del Calor

El estudio de la transferencia de calor siempre se subdivide clásicamente en tres modos: la conducción, la convección y la radiación. Para facilitar el estudio se toman desacoplados pero en la realidad se combinan estos modos.

La ***conducción*** es la transmisión de energía térmica en el seno de un cuerpo por contacto de partícula a partícula sin transferencia de masa. Es el modo característico de intercambio de calor entre los cuerpos sólidos pero también se presenta en fluidos, si están en reposo.

La ***convección*** es un fenómeno más complejo porque es una combinación de transferencia de energía y masa. Tiene que estar acompañada por transferencia de masa para que sea convección.

La ***radiación*** es la propagación de energía a distancia en forma de ondas electromagnética. Todos los cuerpos emiten radiación y la transmisión de energía en este caso no requiere ningún medio que la transporte.

El concepto de regímenes también debe ser considerado. Hay una transferencia de calor en ***régimen permanente*** o establecido cuando las temperaturas en los diferentes puntos del sistema considerado son constantes en el tiempo y en cuyo caso la temperatura es función únicamente de la posición, en cambio, cuando la temperatura es función del tiempo tendremos un ***régimen transitorio***. Esto es (siendo T la temperatura):

- Régimen permanente $T = f(x, y, z)$
- Régimen transitorio $T = f(t, x, y, z)$

2.1.1 Leyes de transmisión del Calor

Conducción: la ley de **Fourier** [4, 5] para conducción unidimensional establece que el cambio instantáneo flujo de calor dQ/dt es igual al producto de tres factores: el área de la sección A, el gradiente de temperatura $-dT/dx$, que es la velocidad de cambio de la temperatura T con respecto a la posición y la conductividad térmica k, que es un propiedad de transporte y física del material. Matemáticamente la ley de Fourier se expresa como:

$$q = \frac{dQ}{dt} = -k\,A\,\frac{dT}{dx} \tag{1}$$

En la Ecuación (1) el flujo de calor es una cantidad vectorial y el signo menos que aparece es debido al gradiente de temperatura. El coeficiente k define la conductibilidad térmica del material del cuerpo

en el que ocurre el fenómeno, no es una constante puesto que varía con el estado en que se encuentre dicho material y fundamentalmente con la temperatura. Habitualmente para cálculos ingenieriles, se adopta un valor constante de k que es el valor medio de los valores reales que tiene en el proceso que ocurre. La conductividad térmica tiene dimensiones de $[W/m\,K]$ o $[J/m\,s\,K]$.

Convección: Newton define en 1701 la velocidad de transferencia térmica q_c desde una superficie de un sólido al fluido [4, 5] por la ecuación:

$$q_c = h_m\, A\, (T\ -\ T_a) \tag{2}$$

donde h_m es el coeficiente de transferencia desde la superficie al fluido, A es el área de la superficie, T es la temperatura de la superficie de la pared y T_a es la temperatura del fluido. La convección es considerada un proceso de transferencia de calor debido a la combinación del fenómeno de conducción de calor entre partículas del fluido y el transporte de energía debido al movimiento mismo del fluido.

Radiación: la ecuación básica para la radiación térmica de un radiador ideal (cuerpo negro) fue descubierta empíricamente por Stefan en 1879 y fue derivada teóricamente por Boltzmann en 1884 [4, 5]. Esta se expresa matemáticamente como:

$$q_r = \sigma\, A\, T^4 \tag{3}$$

donde q_r es la velocidad de transferencia de energía radiante de un cuerpo negro de área A, T es la temperatura absoluta de la superficie y σ es la constante dimensional de Stefan-Boltzman.
La ecuación que estima la radiación entre dos superficie grises (tienen menos emisividad que un cuerpo negro) que están separadas por un medio transparente a la radiación fue desarrollada por Hottel, esta es:

$$q_r = \sigma\, A\, \mathcal{F}_{12}(T_1^4 - T_2^4) \tag{4}$$

en la cual $\mathcal{F}_{12}$ es una funcion de la geometría y de la emisividad de las dos superficies. Esta expresión indica la diferencia entre energía térmica que abandona la superficie y la que es ganada debida a la absorción. Para muchas aplicaciones es conveniente expresar el intercambio energético debido a la radiación como:

$$q_r = h_r\, A\, (T_1\ -\ T_2\ ) \tag{5}$$

En donde el coeficiente de radiación h_r es:

$$h_r = \sigma\ \mathcal{F}_{12}\big(T_1\ +\ T_2\ \big)(T_1^2 + T_2^2) \tag{6}$$

Como se puede apreciar, se ha modelado la radiación de igual manera que la convección, en este sentido, se ha linealizado la ecuación que gobierna la radiación.

2.1.2 Ecuación general del Fenómeno.

La primera ley de la termodinámica o principio de conservación de la energía establece que la energía no puede ser creada ni destruida, solo puede ser transformada, para un sistema cerrado o una masa fija, puede expresarse como sigue [6]:

$$Q - W = \Delta E \tag{7}$$

donde, Q es la transferencia neta de calor a través de las fronteras del sistema, W es el trabajo neto hecho en todas las formas y ΔE es el cambio neto en la energía total del sistema.

Se comienza planteando la tasa de energía que atraviesa las caras de un volumen diferencial como el representado en la Figura 1, utilizando el flujo de calor (energía por unidad de superficie y de tiempo) correspondiente a cada una de las caras y realizando una sumatoria de todos los flujos intervinientes obtenemos:

$$(-\vec{q} + \vec{q}^{\,x+dx})\hat{e_1}dy\,dz + (-\vec{q} + \vec{q}^{\,y+dy})\hat{e_2}dxdz + (\vec{q}\ + \vec{q}^{\,z+dz})\hat{e_3}dxdy = \\ = Energia\ que\ \ atraviesa\ la\ sup.\left[\frac{J}{s}\right] = [W] \tag{8}$$

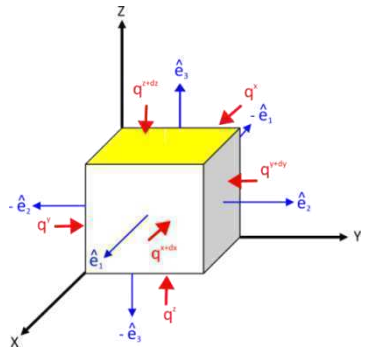


Figura 1. Flujo de calor en un volumen elemental

Analizando un término genérico se tiene:

$$-\vec{q} + \vec{q}^{\,\emptyset+d\emptyset} = -\vec{q} + \vec{q} + \frac{\partial \vec{q}}{\partial \emptyset}d\emptyset = \frac{\partial \vec{q}}{\partial \emptyset}d\emptyset \tag{9}$$

Usando la Ecuación (9), y reemplazando en la Ecuación (8):

$$\left(\frac{\partial \vec{q}}{\partial x}.\hat{e_1} + \frac{\partial \vec{q}}{\partial y}.\hat{e_2} + \frac{\partial \vec{q}}{\partial z}.\hat{e_3}\right)dx\,dy\,dz \tag{10}$$

Como los vectores base cartesianos no dependen de las coordenadas pueden ser introducidos dentro de las derivadas

$$\frac{\partial(\vec{q}.\hat{e_1})}{\partial x} + \frac{\partial(\vec{q}.\hat{e_2})}{\partial y} + \frac{\partial(\vec{q}.\hat{e_3})}{\partial z} = \begin{matrix} energía\ que\ atraviesa\ la\ sup. \\ por\ unidad\ de\ vol \end{matrix}\left[\frac{W}{m^3}\right] \tag{11}$$

Resolviendo los productos escalares y aplicando la ley de Fourier, se llega a:

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} = \nabla.\vec{\boldsymbol{q}} = \nabla.(-\mathbf{K}\boldsymbol{\nabla}\mathrm{T}) \tag{12}$$

donde,$\boldsymbol{K}$ es el tensor de conductividades térmicas del medio.
Agregando la tasa de calor generado o consumido Q por unidad de volumen a los flujos de calor que atraviesan la superficie del volumen de control se obtiene:

$$\nabla.(\boldsymbol{K}\boldsymbol{\nabla}\mathrm{T}) + Q \tag{13}$$

La tasa de calor que entra y que sale del sistema más el calor generado, según el principio de conservación de la energía es igual a la tasa de incremento de energía, con lo cual:

$$\nabla.(\mathbf{K}\boldsymbol{\nabla}\mathrm{T}) + Q = \rho\ C\ \frac{\partial T}{\partial t} \tag{14}$$

Donde ρ es la densidad y C el calor especifico del material considerado.
Para el caso considerado, la Ecuación (14) será desarrollada para un dominio bidimensional en un material ortótropo cuya ortotropía coincide con los ejes coordenados, obteniéndose:

$$\frac{\partial T}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial T}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial T}{\partial y}\right) + Q = \rho\, C\, \frac{\partial T}{\partial t} en\ \Omega, \qquad t > 0 \tag{15}$$

Condiciones de contorno:

$$\begin{cases} T - \overline{T} = 0 & en\ \Gamma_T, \quad t \geq 0 \\ q_n = \bar{q}_n + h(T - T_a) & en\ \Gamma_q, \quad t \geq 0 \end{cases} \tag{16}$$

Condiciones iniciales

$$T = T_0 en\ \Omega, \quad t = 0 \tag{17}$$

Usando coordenadas cilíndricas, para un dominio axisimétrico se llega a:

$$\frac{\partial T}{\partial z}\left(k_z \frac{\partial T}{\partial z}\right) + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial y}\left(r k_r \frac{\partial T}{\partial r}\right) + Q = \rho\, C\, \frac{\partial T}{\partial t}, \qquad en\ \Omega, \qquad t > 0 \tag{18}$$

Las condiciones de contorno e iniciales son iguales a las expresadas en la Ecuación (16) y (17).

2.2 Aproximación temporal y espacial.
Aproximación temporal. Formulación θ: para obtener la respuesta transitoria, las Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDPs) deben ser integradas con respecto al tiempo. Los métodos más comunes de integración temporal de las Ecuaciones (15) y (18), pertenecen a una familia de un parámetro, llamado θ. La solución en un tiempo *k+1*, puede expresarse como:

$$\mathbf{T}^{n+1} = \mathbf{T}^n + \tau\left[(1-\theta)\dot{\mathbf{T}}^n + \theta\, \dot{\mathbf{T}}^{n+1}\right] \tag{19}$$

Independientemente del método numérico para la discretización de las EDPs en el espacio, la derivada temporal en cada punto del dominio puede ser escrita como:

$$\dot{\mathbf{T}} = \mathbf{M}^{-1}(\mathbf{F} - \mathbf{K}\mathbf{T}) \tag{20}$$

Particularizando la Ecuación (20) para los tiempos y reemplazando en la ecuación (19):

$$\hat{\mathbf{K}}\mathbf{T}^{n+1} = \mathbf{F}^{n+1} \tag{21}$$

donde:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{K}} &= \mathrm{M} + \tau\, \theta\, \mathbf{K} \\ \mathbf{F}^{n+1} &= [\mathbf{M} + \tau\,(1-\theta)\mathbf{K}]\mathbf{T}^n + \tau[\mathbf{F}^n + \theta(\mathbf{F}^{n+1} - \mathbf{F}^n)] \end{aligned} \tag{22}$$

Para diferentes valores del parámetro θ se obtienen diferentes esquemas de integración temporal, siendo estos:

$\theta = 0$ ⟹ Esquema explícito (condicionalmente estable)
$\theta = 0.5$ ⟹ Esquema de Crank-Nicolson (incondicionalmente estable)
$\theta = \frac{2}{3}$ ⟹ Esquema de Galerkin (incondicionalmente estable)
$\theta = 1$ ⟹ Esquema totalmente implícito (incondicionalmente estable)

Los esquemas de Crank-Nicolson y Galerkin tienen un orden dos en tiempo, mientras que los otros dos solo tienen orden uno en tiempo. Para $\theta \geq 0.5$ los esquemas son estables y para $\theta \leq 0.5$ son

condicionalmente estables, esto implica que los pasos de tiempo deben cumplir ciertas restricciones [7].

2.3 Aproximación espacial

En esta sección se tratará de aproximar el término espacial de las Ecuaciones (15) y (18), desarrollando la aproximación por MDF, comparando las ventajas y desventajas ofrecidas por este método en relación con los métodos numéricos más populares.

2.3.1 Formulación por diferencias finitas

En el MDF, el dominio continuo se *discretiza* de tal manera que las variables dependientes existen sólo en puntos discretos. Las derivadas son reemplazadas por aproximaciones en diferencias, convirtiendo el problema de EDPs en uno algebraico. La naturaleza del sistema algebraico depende del tipo de EDPs originales, estas pueden ser de evolución o de equilibrio. El problema planteado en forma de diferencias finitas con sus condiciones de contorno también recibe el nombre de formulación *fuerte* del problema, porque impone las condiciones más exigentes a la función, en cuanto al orden de derivabilidad y en cuanto al cumplimiento de la ecuación y de las condiciones de contorno. Dichas condiciones son impuestas punto a punto dentro del dominio de cálculo y en el contorno del mismo.
Las aproximaciones a las derivadas pueden ser alcanzadas usando interpolación o series de Taylor [8, 9]. Estos esquemas además, se diferencian por la cantidad de nodos que intervienen y el orden de aproximación alcanzado. En las Tablas 1, 2 y 3 se puede ver la aproximación a las derivadas primera, segunda y cruzada mediante series de Taylor respectivamente. Además, en dichas Tablas se aprecia el orden de aproximación de cada una de ellas y los operadores.

Tabla 1 - Aproximación a una derivada primera genérica para una malla uniforme.

Esquema	Derivada primera	Operador
Central	$T_\alpha = \frac{T_{i+1} - T_{i-1}}{2h_\alpha} + O(h_\alpha^2)$	$T_\alpha = \delta_\alpha T + O(h_\alpha^2)$
Adelantada	$T_\alpha = \frac{T_{i+1} - T_i}{h_\alpha} + O(h_\alpha)$	$T_\alpha = \delta_\alpha^+ T + O(h_\alpha)$
Atrasada	$T_\alpha = \frac{T_i - T_{i-1}}{h_\alpha} + O(h_\alpha)$	$T_\alpha = \delta_\alpha^- T + O(h_\alpha)$

Tabla 2 - Aproximación a una derivada segunda genérica para una malla uniforme

Esquema	Derivada segunda	Operador
Central	$T_{\alpha\alpha} = \frac{T_{i+1} - 2T_i + T_{i-1}}{h_\alpha^2} + O(h_\alpha^2)$	$T_{\alpha\alpha} = \delta_\alpha^2 T + O(h_\alpha^2)$
Adelantada	$T_{\alpha\alpha} = \frac{T_i - 2T_{i+1} + T_{i+2}}{h_\alpha^2} + O(h_\alpha)$	$T_{\alpha\alpha} = \delta_\alpha^{2+} T + O(h_\alpha)$
Atrasada	$T_{\alpha\alpha} = \frac{T_{i-2} - 2T_{i+1} + T_i}{h_\alpha^2} + O(h_\alpha)$	$T_{\alpha\alpha} = \delta_\alpha^{2-} T + O(h_\alpha)$

Tabla 3 - Aproximación a una derivada cruzada genérica para una malla uniforme

Esquema	Derivada Segunda/Operador	Operador
Central	$T_{\alpha\beta} = \frac{T_{i+1,j+1} - T_{i-1,j+1} - T_{i+1,j-1} + T_{i-1,j-1}}{4\, h_\alpha^2\, h_\beta^2} + O(h_\alpha^2, h_\beta^2)$	$T_{\alpha\beta} = \delta_\alpha\, \delta_\beta\, T + O(h_\alpha^2, h_\beta^2)$
Central αAdelantadaβ	$T_{\alpha\beta} = \frac{T_{i+1,j+1} - T_{i-1,j+1} - T_{i+1,j} + T_{i-1,j}}{2\, h_\alpha^2\, h_\beta^2} + O(h_\alpha^2, h_\beta)$	$T_{\alpha\beta} = \delta_\alpha\, \delta_\beta^+\, T + O(h_\alpha^2, h_\beta)$

2.3.2 Pasos a seguir para resolver un problema usando diferencias finitas

Los pasos para resolver un sistema de EDPs usando el MDF son:

1. Discretización espacial del dominio. Malla de diferencias finitas.
2. Aproximación en diferencias finitas de las derivadas de las EDPs.
3. Obtención de la ecuación nodal, sustituyendo las aproximaciones de las derivadas en las EDPs.

4. Condiciones de contorno.
5. Ensamble del sistema de ecuaciones algebraicas.
6. Solución del sistema de ecuaciones.
7. Visualización de los resultados.

2.3.3 Discretización espacial. En el MDF la malla es estructurada o estructurada en bloques. Cada nodo puede ser considerado el origen de un sistema de coordenadas local cuyos ejes coinciden con las líneas de la malla. Esto implica que dos líneas de malla de la misma familia (es decir, líneas horizontales) no se intersectan y que dos o tres líneas de malla de diferente familia se intersectan solo una vez. En la Figura 2 se muestra ejemplos de mallas cartesianas unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D).

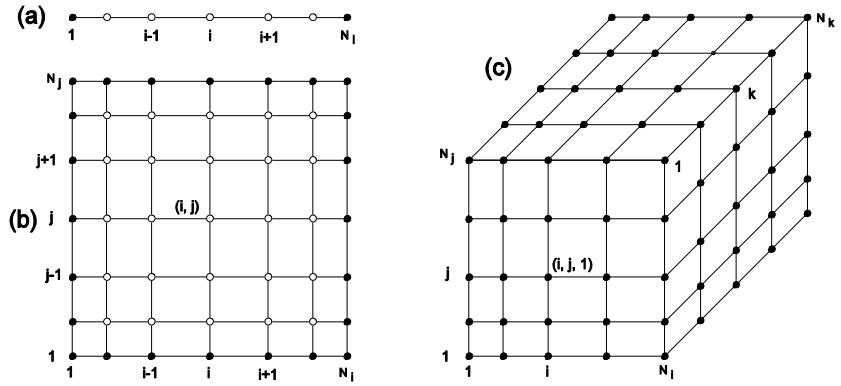


Figura 2. Malla cartesiana de diferencias finitas en (a) una, (b) dos y (c) tres dimensiones. Círculos llenos denotan condiciones de contorno y vacíos denotan nodos de cálculo

2.3.4 Aproximación en diferencias finitas de las derivadas de las EDPs. La aproximación a las derivadas fue especificada en las Tablas 1, 2 y 3. En la Tabla 3 solo se han reproducido algunos de los tipos de derivadas cruzadas usadas, pero usando operadores de primer orden se pueden construir cualesquier tipo de aproximación [8]. En este caso al tratarse de materiales isótropos u ortótropos, existe un tensor de conductividad diagonal, con lo cual no se tienen derivadas segundas cruzadas. Además en este trabajo solo se desarrolla el caso para $\theta = 1$, y teniendo en cuenta la Ecuación (21) y (22) y sin término fuente, se llega a:

$$(\mathbf{M} + \tau\,\mathbf{K})T^{n+1} = \mathbf{M}\mathbf{T}^{n} \tag{23}$$

Obtención de la ecuación nodal. La ecuación nodal es la resultante de la discretización espacial y temporal de la EDP. Los términos diferenciales son sustituidos por su aproximación discreta. En general, el tipo de derivadas espaciales y temporales presentes en la EDP, condicionan el número de términos intervinientes en la ecuación nodal. Estas ecuaciones pueden ser simplificadas enormemente si la malla es ortogonal, h-espaciada (es decir, igual discretización espacial en todas las direcciones) y el medio es isótropo. Si el dominio de cálculo no tiene una forma geométrica simple (rectángulo, paralelepípedo, etc.) hay que aplicar transformaciones matemáticas para transformar el dominio de cálculo a una forma geométrica sencilla, lo cual conlleva una complicación de los términos intervinientes en la EDP discreta.
A modo de ejemplo se discretiza la Ecuación (18) en un medio ortótropo, cuya ortotropía está alineada con el sistema de referencia. Particularizando los operadores de acuerdo a la Tabla 1, 2 y 3:

$$\rho\, C\,\delta_t T = k_z \delta_z^2 T + k_r \delta_r^2 T + \frac{k_r}{r}\,\delta_r T \tag{24}$$

La Ecuación (24) tiene primer orden en tiempo y un segundo orden en el espacio. Desarrollando los términos correspondientes, teniendo en cuenta la Ecuación (23), la ecuación del nodo (i, j) queda:

$$-A\,T_{i,j-1}^{n+1} - B\;T_{i-1,j}^{n+1} + C\;T_{i,j}^{n+1} - B\;T_{i+1,j}^{n+1} - D\,T_{i,j+1}^{n+1} = T_{i,j}^{n} \tag{25}$$

donde,

$$A = \frac{\tau}{\rho C}\left(\frac{k_r}{h_r^2} - \frac{k_r}{2h_r^2 r_{i,j}}\right), \qquad B = \frac{\tau}{\rho C}\frac{k_z}{h_z^2}, \qquad C = \frac{2\tau}{\rho C}\left(\frac{k_z}{h_z^2} + \frac{k_r}{h_r^2}\right) + 1 \;\; y \;\; D = \frac{\tau}{\rho C}\left(\frac{k_r}{h_r^2} + \frac{k_r}{2h_r^2 r_{i,j}}\right) \tag{26}$$

Esta es la expresión de los coeficientes para la ecuación del calor en coordenadas cilíndricas con condiciones de axisimetría. Para el caso bidimensional, Ecuación (15), se llega a una expresión análoga, la cual tiene los siguientes valores para los coeficientes que multiplican a las variables:

$$A = \frac{\tau}{\rho C}\left(\frac{k_y}{h_y^2}\right), \quad B = \frac{\tau}{\rho C}\frac{k_x}{h_x^2}, \quad C = \frac{2\tau}{\rho C}\left(\frac{k_x}{h_x^2} + \frac{k_y}{h_y^2}\right) + 1 \;\; y \;\; D = \frac{\tau}{\rho C}\left(\frac{k_y}{h_y^2}\right) \tag{27}$$

La Ecuación (25) es la que se debe cumplir en cada punto del dominio, *ecuación nodal*.

Condiciones de contorno. El sistema de ecuaciones puede tener condiciones de contorno de Dirichlet o de Neumann. Siguiendo con el presente caso, dominio axisimétrico/bidimensional discretizado por la Ecuación (25), para el caso de una condición de Dirichlet la temperatura está determinada en el contorno, en un dominio como el representado en la Figura 2 (b), suponiendo el borde inferior (j=1 y i =1 a N_x):

$$T_{i,1} = T_1, \qquad para\ i = 1, 2, \dots, N_x \tag{28}$$

Análogamente se expresan las condiciones de contorno de Dirichlet para los demás bordes. Si en cambio se tiene una condición de Neumann (flujo determinado), la condición en el borde derecho de la Figura 2 (b) se podría escribir de la siguiente manera:

$$\begin{gathered} q_{x1} = -k_x \frac{\partial T}{\partial x} \Longrightarrow\ q_{x1} = -k_x \frac{T_{N_x+1,j} - T_{N_x-1,j}}{2h_x} \\ T_{N_x+1,j} = -\frac{2h_x}{k_x} q_{x1} + T_{N_x-1,j}, \qquad para\ j = 1, 2, \dots, N_y \end{gathered} \tag{29}$$

Como se puede observar, se ha empleado un esquema de segundo orden centrado para aproximar la derivada primera. Esto se hace así para no perder el orden de aproximación. Análogamente se pueden expresar las condiciones de Neumann en los demás bordes.

Ensamble del sistema. La Ecuación (25) se debe de cumplir en cada punto del dominio y en el contorno. Además de la ecuación (25) se deben de cumplir las ecuaciones (28) y (29) en los bordes correspondientes. Teniendo en cuenta ambos condiciones de contorno, el sistema global de ecuaciones a resolver es el siguiente:

$$(\mathbf{A})\{\mathbf{T}^{n+1}\} = \{\mathbf{T}^n\}, \tag{30}$$

donde, la forma de las filas de la matriz $\mathbf{A}$ van a ser como las expresadas en la Ecuación (25), si no están afectadas por el contorno y van depender de las condiciones de contorno las restantes, esto es reemplazando en la Ecuación (25) la Ecuación (28) o (29) según sea el caso.

Ventajas y desventajas. El MDF tiene como principal ventaja que su concepto es sencillo ya que se basa en el desarrollo en series de Taylor. También presenta una molécula reducida en tamaño para problemas isótropos u ortótropos, lo cual da lugar a sistemas de ecuaciones más pequeños, y el número de condición de la matriz global es próximo a uno. Esto último permite que los métodos de solución iterativos converjan rápidamente sin la necesidad de precondicionadores especiales. Pero por otro lado tiene como principal inconveniente la dificultad para tratar geometrías complicadas, así como la imposición de condiciones de contorno cuando el material es anisótropo o discontinuidades en el material.

2.3 Resolución del sistema de ecuaciones

Las ecuaciones lineales que resultan de la discretización del problema estacionario o transitorio se expresan como:

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b} \tag{31}$$

donde, $\mathbf{A}$ es una matriz cuadrada de $n \times n$, $\mathbf{x}$ son las incognitas del problema y $\mathbf{b}$ es el término independiente. En este trabajo solo se consideran algunos métodos directos y los iterativos clásicos.

2.3.1 Métodos directos

Eliminación de Gauss [9, 10]: se trata de transformar la Ecuación (31) en otro equivalente de la forma $\mathbf{U}\boldsymbol{x} = \boldsymbol{y}$**,** de manera de que éste último sea un sistema triangular superior. Para llegar a la matriz triangular superior, se toman elementos denominados pivotes, de la diagonal y se hacen cero debajo de las mismas. Se toma como pivote al elemento a_{kk}^{k} siendo *"k"* el número de columna, luego, se multiplica la ecuación número *"k"* por (a_{ik}^{k}) / (a_{kk}^{k}) y se la suma a la ecuación número *"i"*, donde *i = k+1, …., n*

Descomposición LU[9, 10]: en este caso se descompone la matriz de coeficientes de la Ecuación (1) en el producto de dos matrices **U** y **L** ($\mathbf{A} = \mathbf{U}\,\mathbf{L}$), donde **L** es una matriz triangular inferior y **U** es una matriz triangular superior, entonces el sistema de ecuaciones lineales puede resolverse en dos pasos de la siguiente manera que $\mathbf{Ly} = \mathbf{b}$ y $\mathbf{Ux} = \mathbf{y}$**.** Los algoritmos para el cálculo de las matrices, variando k de 1 a n, son:

$$\begin{cases} l_{kk}u_{kk} = a_{kk} - \sum_{r=1}^{k-1} l_{kr}u_{rk} \\ l_{ik} = \dfrac{a_{ik} - \sum_{r=1}^{k-1} l_{ir} * u_{rk}}{u_{kk}}, \quad i = k+1, \dots, n \\ u_{kj} = \dfrac{a_{kj} - \sum_{r=1}^{k-1} l_{kr} * u_{rj}}{l_{kk}}, \quad j = k+1, \dots, n \end{cases}$$

2.3.2 Iterativos

La resolución iterativa de un sistema de ecuaciones lineales como el expresado en la Ecuación (31) no es aplicable a todos los problemas, pero resulta útil para resolver ciertos tipos de problemas. Si el número de incógnitas es muy grande y la matriz es rala, los métodos directos resultan ineficientes y muchas veces inaplicables. Para este tipo de problemas son preferibles los métodos iterativos. Además, su programación es sencilla y son fáciles de aplicar cuando los coeficientes no son lineales. Todos los métodos iterativos requieren una estimación inicial de la incógnita ($\mathbf{x}$) para comenzar la iteración, esta puede ser cualquier vector arbitrario. Si se tiene una buena estimación, la convergencia será rápida; si no, se puede utilizar como estimación inicial un vector nulo. La condición suficiente para que la resolución iterativa converja es:

$$|a_{i,i}| > \sum_{j=1, j\neq i}^{n} |a_{i,j}| \quad \forall\, i \tag{32}$$

Sin embargo, si A es irreducible, una condición suficiente es:

$$|a_{i,i}| \geq \sum_{j=1, j\neq i}^{n} |a_{i,j}| \quad \forall\, i, \tag{33}$$

con desigualdad estricta para por lo menos una i.

Método iterativo de Jacobi [9, 10]:

$$x_i^{\,m} = \frac{1}{a_{i,i}}\left(b_i - \sum_{j=1, j\neq i}^{n} a_{i,j} x_j^{\,m-1}\right) \tag{34}$$

donde el superíndice m es la cuenta de iteraciones. Cuando m = 1 en la ecuación anterior, x del miembro derecho tiene superíndice 0, lo que significa que el valor es una estimación inicial. En cada ciclo de iteración se evalúa x_i en orden creciente según i.

Método iterativo de Gauss-Seidel[9, 10]:

$$x_i^{\,m} = \frac{1}{a_{i,i}}\left(b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{i,j} x_j^{\,m} - \sum_{j=i+1}^{n} a_{i,j} x_j^{\,m-1}\right) \tag{35}$$

Este método se relaciona con el de Jacobi, como se puede ver en la Ecuación (35),x_j para$j < i$ tiene superíndice m en lugar de m-1, es decir, siempre se utilizan valores actualizados. Esto ayuda a acelerar la convergencia y también simplifica la programación porque cada vez que se obtiene un valor nuevo, éste puede escribirse sobre los valores anteriores.

Método iterativo sobrerrelajación sucesiva (SOR) [9, 10**].**

Este es una mejora del esquema de Gauss-Seidel y su expresión matemática es:

$$x_i^{\,m} = \frac{\omega}{a_{i,i}}\left(b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{i,j} x_j^{\,m} - \sum_{j=i+1}^{n} a_{i,j} x_j^{\,m-1}\right) + (1-\omega) x_i^{m-1} \tag{36}$$

donde ω es un parámetro de sobrerrelajación que satisface$1 \leq \omega < 2$, como regla empírica, se puede asignar a ω a un valor entre 1.2 y 1.7[10].

2.4 Programación e Interface Grafica

De acuerdo a la experiencia e información recogida de otros grupos, se observó la conveniencia de usar distintas tecnologías, dependiendo de la tarea específica a realizar. Así, para lo que representa el cálculo numérico, la resolución concreta de las ecuaciones involucradas, se optó por elegir FORTRAN [2] que tiene una probada solidez y performance en esta área y como lenguaje integrador se ha elegido Python [11] y para la representación grafica las bibliotecas Qt [12] y Paraview [13].

- **FORTRAN:** Presenta una curva de aprendizaje rápida y se ha convertido en un estándar en el área de cálculo. Posee además gran cantidad de bibliotecas de cálculo.
- **Python:** Tiene una gran capacidad de interactuar con sistemas hechos en otros lenguajes, gran portabilidad a distintos sistemas operativos y numerosas bibliotecas.
- **Bibliotecas gráficas QT:** Están disponibles en la mayoría de los sistemas operativos y poseen buen soporte para acceder desde Python.
- **Graficador ParaView:** Es un software libre que puede ser embebible en otro programa, se puede ser accedido desde Python.

3. RESULTADOS

Como aplicación de los desarrollos realizados en las secciones anteriores, se analizan dos casos estacionarios de transmisión de calor en sólidos, uno con condiciones de Dirichlet y otro con Dirichlet y Neumann. Las propiedades térmicas para dichas simulaciones serán tomadas de la Tabla 4.

Tabla 4 - Propiedades térmicas de materiales [10].

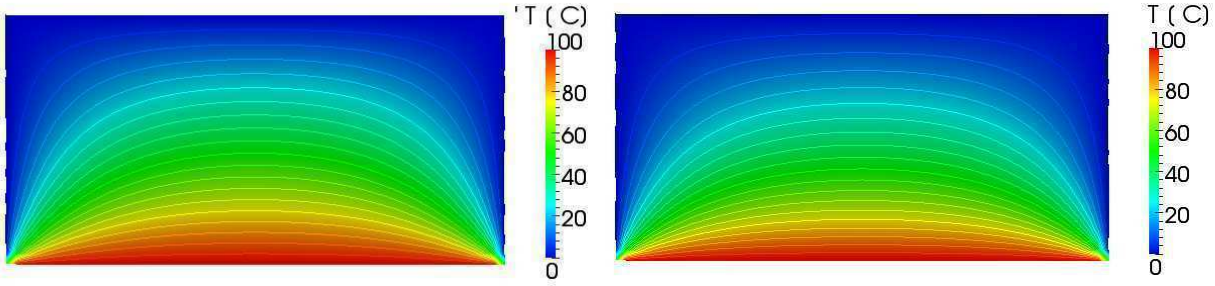
	Fe	SAE 1010	Al	Al 2024	Cu	Ti	Ni
ρ [kg/m^3]	7870,00	7870,00	2698,90	2780,00	8930,00	4500,00	8880,00
c [J/kg K]	440,00	448,00	900,00	875,00	385,00	528,00	460,00
k [W/m K]	72,20	51,90	210,00	151,00	385,00	17,00	60,70
α [m^2/seg]	2,085E-05	1,472E-05	8,645E-05	6,208E-05	1,120E-04	7,155E-06	1,486E-05

Donde: ρ es la densidad, c es el calor específico, k es la conductividad termica y $\alpha = k/\rho\, c$ la difusividad térmica.

3.1. Transmisión del calor est. en dominios 2D y axisimétrico con cond. de Dirichlet.

En la Figura 3 se pueden observar la distribución de temperaturas para el caso estacionario bidimensional y axisimétrico con condiciones de Dirichlet, tomando las propiedades térmicas del aluminio de la Tabla 4. En ambos casos la temperatura del borde inferior es de 100 º C y tanto el borde superior como laterales son mantenidos a 0 º C. Las coordenadas de los vértices inferior izquierdo y superior derecho son (0.0, 0.1) y (0.20, 0.20) m respectivamente.

Como se representa en la grafica la distribución no es la misma ya que ambas ecuaciones difieren en un término, según las Ecuaciones (26) y (27).



(a) Dominio 2D (b) Dominio Axisimétrico

Figura 3, Isolíneas de distribución de temperaturas

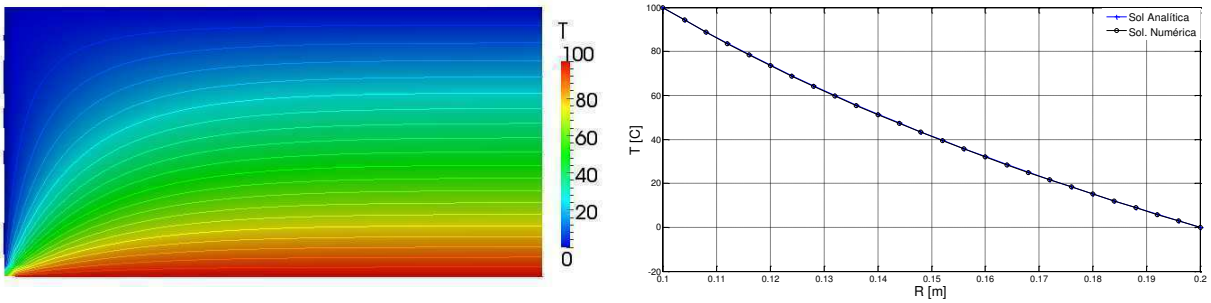
3.2. Transmisión del calor est. en dominio axisimétrico con condiciones de Dirichlet y Neumann.

En la Figura 4 (a) se pueden apreciar la distribución de temperaturas para el caso estacionario axisimétrico con condiciones de Dirichlet y Neumann, tomando las propiedades térmicas del aluminio de la Tabla 4. Las condiciones de contorno son: la temperatura del borde inferior es de 100 º C y tanto el borde superior como el izquierdo son mantenidos a 0 º C y el lado derecho tiene una condición de Neumann de flujo 0. Las coordenadas de los vértices inferior izquierdo y superior derecho son (0.0, 0.1) y (0.20, 0.20) m respectivamente.

En la Figura 4 (b) se puede ver la comparación de los resultados del borde derecho con una distribución calculada analíticamente de acuerdo a la Ecuación (37) extraída de la referencia [5].

Como se representa en la Figura 4 (b) la distribución teórica y la obtenida por el MDF con 25 elementos según el radio aproxima con un orden adecuado. El error máximo en temperatura 0.2053 ºC en el punto R = 0.148 m.

Eje de simetría en coordenadas cilíndricas $T = -144.2695 \ln(r) - 232.1928$ (37)



(a) Dominio Axisimétrico (b) Solución Teórica [5]

Figura 4, Isolíneas de distribución de temperaturas

4. CONCLUSIONES.

Se apreció, desde el punto de vista de enseñanza que los alumno conceptualizaron correctamente el fenómeno de transferencia de calor, y aprendieron los pasos logicos para resolver los problemas numéricos asociados a un fenómeno fisico en particular.

Como se planteó en el presente trabajo, la transmisión del calor es un fenómeno físico adecuado para la enseñanza de métodos numéricos ya que tiene una sola incógnita por nodo y el tamaño del sistema a resolver es igual al número de nodos o igual al número de nodos menos lo nodos sometidos a condiciones de Dirichlet.

El planteamiento de la ecuación nodal no es compleja, ya que solo demanda conocer la ecuación que gobierna el fenómeno físico y el desarrollo de Taylor, los cuales son conocimientos que debería tener cualquier estudiante de ingeniería en segundo año.

En este trabajo se planteó resolver el problema con el lenguaje FORTRAN, porque dicho grupo está enfocado a resolver grandes problemas de cálculo y para ello dicho lenguaje es el adecuado. Pero con fines netamente didácticos dicho problema también puede ser resuelto usando Octave, Scilab, Matlab, etc.

La Interface grafica fue hecha usando Python, bibliotecas Qt y Paraview, la justificación a ello es debido a que dicho grupo piensa en el desarrollo de su propio entorno y un entorno libre que pueda ser usado en entornos universitarios. Pero ídem anterior con respecto a fines didácticos.

En lo que se refiere a resultados, ellos se ajustan adecuadamente a los resultados desarrollados teóricamente, como se puede apreciar en el del segundo caso en la sección de resultados.

5. REFERENCIAS.

[1] Página del compilador GNU FORTRAN http://gcc.gnu.org/fortran/
[2] Stephen J. Chapman (2004). Fortran 95/2003 for Scientists and Engineers, Third Edition. Mc Graw-Hill.
[3] Página de las bibliotecas LAPACK http://www.netlib.org/lapack/
[4] McAdams, William H. (1954). Heat transmission. New York. Third Edition. McGraw-Hill
[5] Wong, H. Y.(1981) Manual de formulas y datos esenciales de Transferencia de Calor para Ingenieros. Primera Edición. Buenos Aires Argentina. Editorial Geminis S.R.L.
[6] Incropera, Frank P; DeWitt David P (2002). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. , 6th Edition John Wiley & Sons. USA.
[7] Reddy J. N.; GartlingD.K. (1994). The Finite Element Method in Heat Transfer and Fluid Dynamics, 1st Edition. CRC Press. USA
[8] Chung T J.(2002) Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press. UK
[9] Joe D. Hoffman (2001). Numerical Methods for Engineers and Scientists, Second Edition Revised and Expanded. McGraw Hill.
[10] Shoichiro Nakamura (1997) Análisis Numérico y Visualización Grafica con Matlab. Prentice Hall. México.
[11] Página de documentación del lenguaje Python, http://docs.python.org/
[12] Página del proyecto Qt, orientada a desarrolladores, http://qt-project.org/
[13] Página del graficador Paraview, http://www.paraview.org/

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la secretaría de investigación, APUEMFI y al Dr. Ricardo Ame de la UNLZ, por la colaboración prestada en la formación del grupo y en el desarrollo de los trabajos presentados por el grupo.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN BOBINADO ESTATÓRICO PARA UN GENERADOR DE FLUJO AXIAL CON IMANES PERMANENTES

Burgos, Fernando; Nalín, Oscar; Oliber, Edgardo; D´Ovidio, Claudio; Eckardt, Sebastián

Instituto Balseiro – Universidad Nacional de Cuyo – Comisión Nacional de Energía Atómica.
Av. Bustillo 9500 – San Carlos de Bariloche.
Correo electrónico: burgosf@ib.cnea.gov.ar

RESUMEN.

A partir del desarrollo de los imanes permanentes de tierras raras (por ejemplo, los nuevos materiales magnéticos relacionados con el compuesto Nd2Fe14B) resulta interesante utilizarlos en la realización de una práctica de laboratorio en el ámbito educativo, tanto por sus mejoradas características magnéticas como por su relativo bajo costo. Dentro de la cátedra de Laboratorio II de Ingeniería Mecánica del Instituto Balseiro, se propuso llevar a cabo una práctica que utilice dichos imanes en un generador eléctrico de flujo axial, a fin evaluar las habilidades experimentales de los alumnos mediante una actividad “manos a la obra” (montaje, caracterización y desarmado del dispositivo). Este generador consiste de dos platos enfrentados (con seis imanes en cada uno) que tiene la posibilidad de variar la distancia axial entre ellos. Se planteó un modelo teórico para el generador funcionando en distintas condiciones (ensayo de vacío, ensayo de corto circuito y ensayo de máxima potencia). Se eligió optimizar la separación entre platos según el criterio de mejor comportamiento en el ensayo de vacío. Mediante mediciones preliminares basadas en una bobina plana de una capa, se exploró el campo magnético para ciertas configuraciones y se extrapoló la f.e.m. que se obtendría en otras configuraciones. Se estimó que la separación óptima para este generador fue de (12,9 ± 0,6) mm. Definida esta separación, se construyeron tres bobinados estatoricos con diámetros distintos, se caracterizó el generador y se verificó el modelo teórico

Palabras Claves: imanes permanentes, Nd2Fe14B, generador eléctrico de flujo axial.

1. INTRODUCCIÓN

Un generador eléctrico es una máquina eléctrica rotante, y su estudio es de interés en diversas áreas de la industria (servomecanismos, energía eólica, automotriz, etc). Este artículo se dedica a estudiar una máquina eléctrica de flujo magnético axial de imanes permanentes.
La pieza que gira por excelencia es el eje y un parámetro característico es su velocidad angular ω. A través de este, se realiza la transmisión de energía mecánica desde alguna fuente y luego se tiene, en la salida del generador, energía eléctrica.
Una relación útil en los generadores eléctricos es la que existe entre la frecuencia eléctrica f y la velocidad angular ω, esta se muestra en la Ecuación 1. Se incorpora a la ecuación un factor k relacionado con el número de imanes utilizado.

$$\omega \left[\frac{rad}{s}\right] = 2\pi\, k\, f\, [Hz] \tag{1}$$

El principio de funcionamiento de esta máquina se puede explicar con la Ecuación 2, también conocida como ley de Faraday.

$$e\,(t) = -\frac{d(\Phi)}{dt} \tag{2}$$

La tensión inducida e se debe al cambio del flujo magnético Φ en el tiempo. El flujo magnético depende del campo magnético y el área efectiva. El área efectiva según las ecuaciones de Maxwell se puede explicar como el área que encierra al circuito eléctrico en que se induce la tensión e. En la Figura 1 se describe cuál es un área A cualquiera ante un campo magnético $\vec{B}$ y en la espira que forma un circuito eléctrico se induce una tensión.

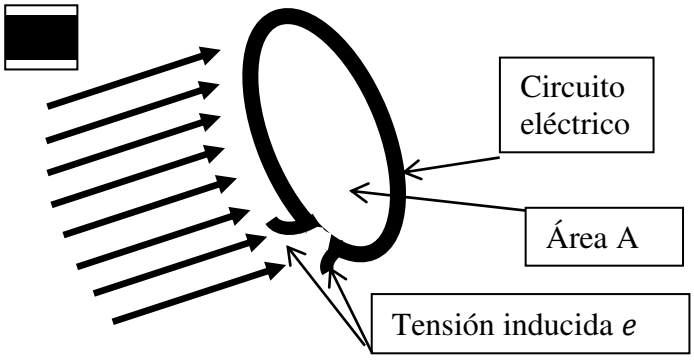


Figura 1 Esquema de una espira como circuito eléctrico, y cómo se induciría tensión eléctrica en ella explicado por la Ley de Faraday.

Por otro lado, el comportamiento del flujo magnético está relacionado con el imán usado. La eficiencia de los generadores está ligada con el desarrollo de los imanes permanentes. Los primeros generadores del tipo axial se construyeron en los años 80' y según lo presentado por J.M.D. Coey [1]. El desarrollo tecnológico de estos imanes avanzó significativamente en esos años, pero no fue hasta la llegada de los imanes permanentes de $Nd_2Fe_{14}B$ cerca de los 90' cuando se comenzó aumentar la eficiencia y a considerar como viable la construcción de máquinas con estos imanes.
En la Figura 2, se muestra un esquema del desarrollo en los años de la energía por unidad de volumen de los imanes permanentes en la industria. Otro aspecto importante en la elección de imanes permanentes en aplicaciones tecnológicas es el precio.

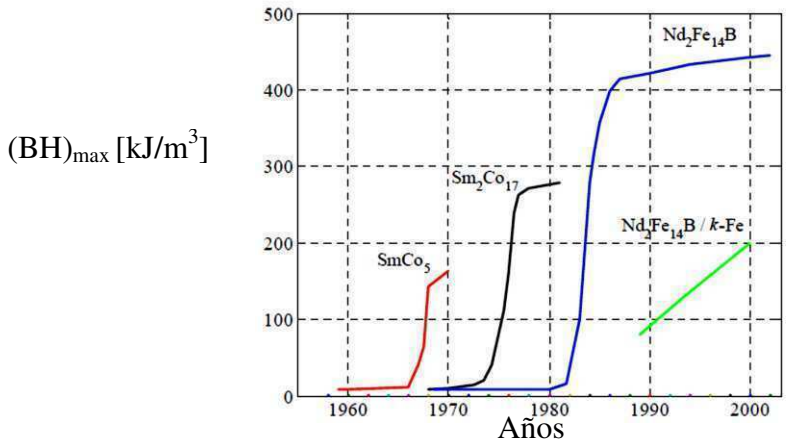


Figura 2 Evolución de los imanes permanentes desde 1960 hasta 2000.

Se propone construir un generador eléctrico con imanes permanentes de $Nd_2Fe_{14}B$, específicamente se usaron unos de grado N35.
En la Figura 3 se muestran curvas de desmagnetización de imanes de distinto grado, entre ellos el N35. El punto donde trabaja el imán depende de cómo se cierre el circuito magnético.

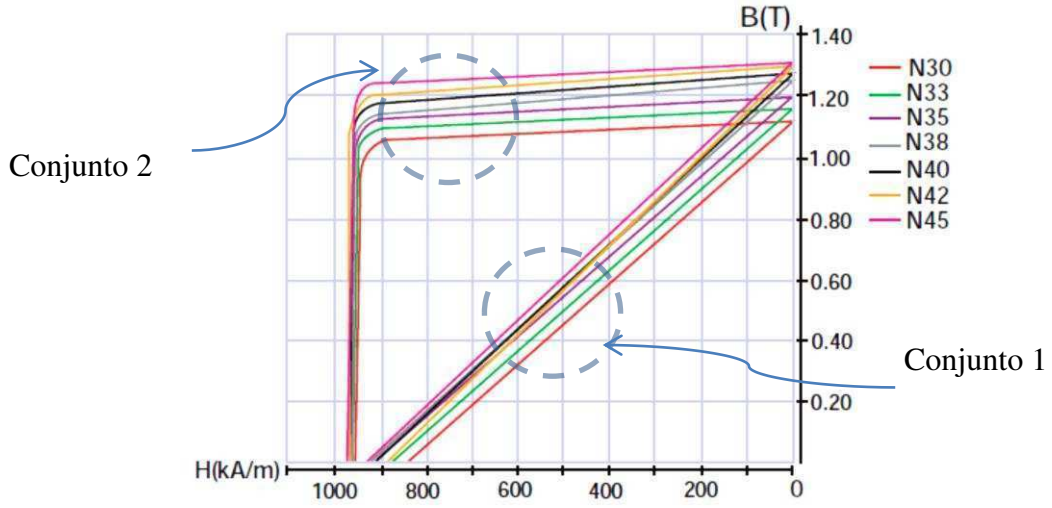


Figura 3 Curvas típicas de desmagnetización de imanes permanentes entregado por los fabricantes. Hay dos curvas dibujadas, para las del Conjunto 1 el eje vertical representa el campo magnético o densidad de flujo B y para el Conjunto 2 el eje vertical representa la polarización magnetica J.

Otra característica del imán es su temperatura de trabajo, los fabricantes especifican una máxima temperatura de trabajo. Para el imán N35, esta temperatura es 80°C. Siendo ésta un límite.

1.1 DISEÑO PROPUESTO

A lo largo de los cursos del Laboratorio de Ingeniería Mecánica en el Instituto Balseiro una práctica ha sido el estudio del montaje y optimización de algunos parámetros de un generador eléctrico de imanes permanentes de flujo axial. Entonces el uso de los conocimientos descriptos anteriormente se implementa por medio de un diseño general conocido en el Laboratorio.

El diseño propuesto se muestra en la Figura 4, las piezas más relevantes son un eje, dos platos portaimanes donde se colocan 12 imanes, dos discos ferromagnéticos encargados de cerrar el circuito magnético y los bobinados.

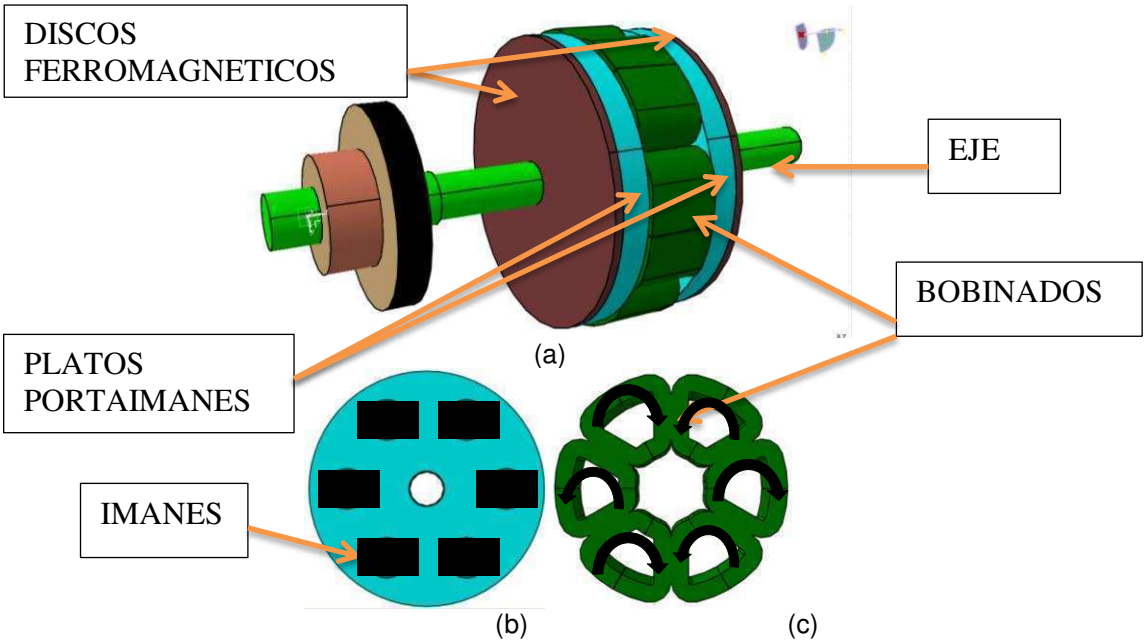


Figura 4 Dibujo en CAD del diseño utilizado para la construcción del generador. (a) Vista en perspectiva de las partes más relevantes del generador. (b) Vistas de frente del plato porta-imanes con los imanes. Las polaridades se alternan para obtener una tensión alterna a la salida. (c) Vista de frente de las bobinas, los sentidos de bobinados indicados por las flechas negras se alternan de manera que se sumen las tensiones inducidas.

Por último, describimos cómo se cierra el circuito magnético. En la Figura 5 se representa una situación donde el circuito se cierra con dos pares de imanes contiguos, también está representado cómo intervienen los discos ferromagnéticos.

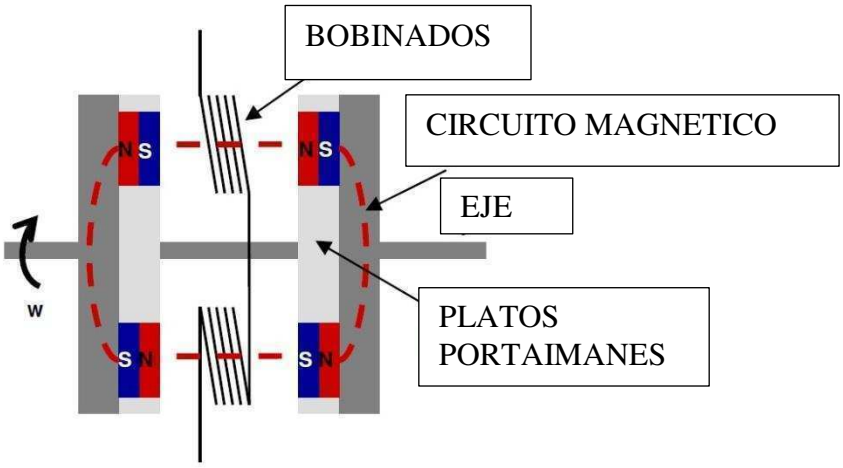


Figura 5 Esquema del concepto de cierre del circuito magnético.

A continuación, se estudian teóricamente los ensayos que permiten conocer características de un generador.

1.2 ENSAYO DE VACIO O DE CIRCUITO ABIERTO

El ensayo de vacío del generador consiste en obtener la tensión inducida a medida que se aumenta la velocidad angular bajo la condición de no tener ninguna carga.
El circuito equivalente del generador en el ensayo de vacío se muestra en la Figura 6. El circuito tiene una resistencia R_{int} y una inductancia L_{int} debida al cobre de los bobinados

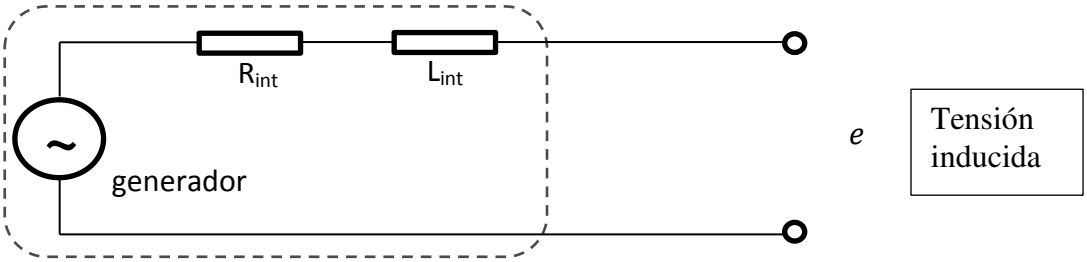


Figura 6. Circuito equivalente del generador en el ensayo de vacio

Según el estudio realizado por F. Cuenca [2] la tensión inducida $e(t)$, siendo t el tiempo, para un diseño como el estudiado se puede escribir como la Ecuación 3. La dependencia que tiene esta tensión, si se obtiene el valor RMS escrito en la Ecuación 4, está dada por N (número de espiras totales en todo el bobinado), B^* (densidad de flujo magnético determinada por el punto del trabajo del imán), ω (velocidad angular de giro) y el área A(debido a que las áreas que encierran a las bobinas son distintas se toma un área promedio representativas de todas). Por otro lado el valor la tensión e en RMS es multiplicada por una cte que contempla aspectos geométricos.

$$e(t) = cte\ N\ B^* \sin(3\ \omega\ t)\ \omega\ A \tag{3}$$

$$e_{rms} = \sqrt{2}/2\ cte\ N\ B^* \omega\ A \tag{4}$$

En el ensayo de vacío, se obtienen valores de e_{rms}(tensión inducida valor RMS) para un valor de velocidad de giro del eje. En la Figura 7, se muestra que la dependencia es lineal y si N, B^*, A aumentan también lo hace de la pendiente, tal como lo predice la Ecuación 4.

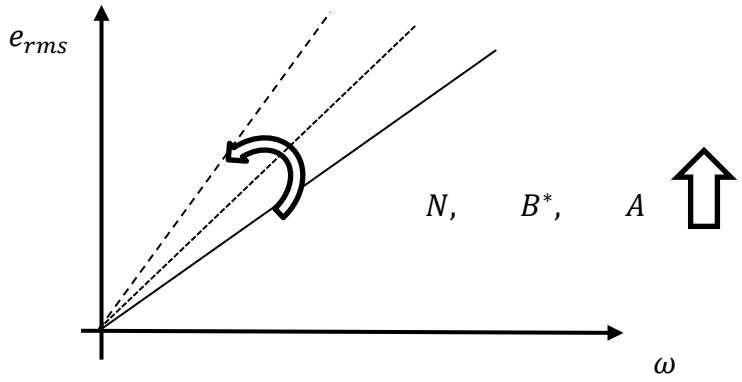


Figura 7. Curva característica en el ensayo de vacío. La tensión medida en valor RMS es proporcional a la velocidad de giro del eje ω.

1.3 ENSAYO DE CORTO CIRCUITO

En este ensayo, se cierran los terminales de salida del generador y se incrementa la velocidad angular. La condición que se desea es un cortocircuito y obtener la corriente máxima que puede circular por el circuito. El límite de velocidad angular esta impuesto por una temperatura máxima admisible de los alambres de cobre y por la temperatura máxima de trabajo de los imanes N35.
En la Figura 8, se representa el circuito equivalente del generador en el ensayo de cortocircuito.

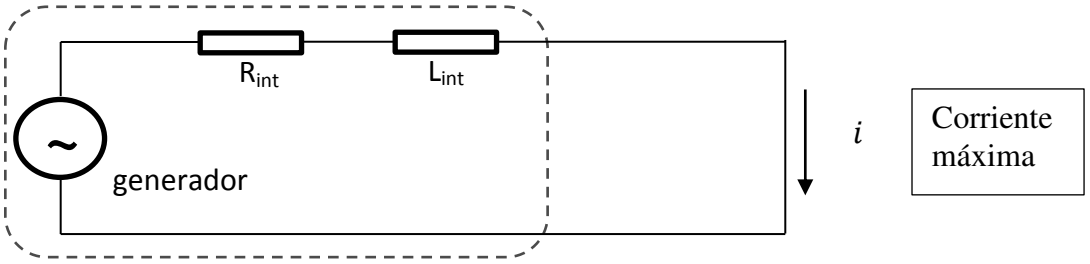


Figura 8 Circuito equivalente del generador en el ensayo de cortocircuito.

Analizando el circuito de la Figura 8, la corriente máxima se escribe como la Ecuación 5. Básicamente es la tensión inducida e dividida la impedancia interna del generador. Se estudia solo su módulo ya que en realidad la tensión y la corriente son fasores.

$$i(t) = \frac{e(t)}{R_{int} + jX_{int}} \tag{5}$$

La reactancia interna X_{int} depende de la inductancia interna L_{int} y de la velocidad de giro ω. La inductancia en su definición depende de la permeabilidad magnética del medio y es por lo que F.Cuenca [2] y S. Labollita [3] suponen que la reactancia es despreciable con respecto a la resistencia interna. Las geometrías presentadas aquí son similares a estos trabajos, entonces si se supone la reactancia interna despreciable y se puede escribir la Ecuación 6.

$$i(t) \cong \frac{e(t)}{R_{int}} \tag{6}$$

Si no se qué es supone despreciable la reactancia interna, sobre todo a altas velocidades de giro, la corriente no se comportara como lo describe la Ecuación 6. Se puede obtener el valor de la reactancia interna indirectamente de este ensayo usando la Ecuación 5 y la Ecuación 6.
Por otro lado, otro factor que afecta la impedancia interna es la temperatura de los bobinados, es por eso que se tiene en cuenta la variación térmica de la resistencia. Una vez elegido el material, se usaron alambres de cobre barnizados. La relación esta descripta por la Ecuación 7.

$$R_{int}(T) = R_0\,(1 + \alpha_{cobre}\Delta T) \tag{7}$$

El cálculo de la resistencia se realiza con la Ecuación 8, dependiendo de la resistividad del cobre ρ_{cobre}, la longitud total de alambre de cobre usada en el bobinado l y la sección del alambre At, siendo esta función del diámetro del alambre ϕ.

$$R_{int} = \rho_{cobre}\frac{l}{At} = \rho_{cobre}\frac{l}{\left(\frac{\pi\phi^2}{4}\right)} \tag{8}$$

La longitud total del alambre de cobre se relaciona con el área del alambre por medio del número de vueltas N en el generador. En la Figura 9, se dibuja el perfil de una bobina teórica. Sus dimensiones están dadas por restricciones geométricas, y la sección transversal A_T. Con esta se realiza el análisis de cuantas áreas At podrían entrar y así determinar N.

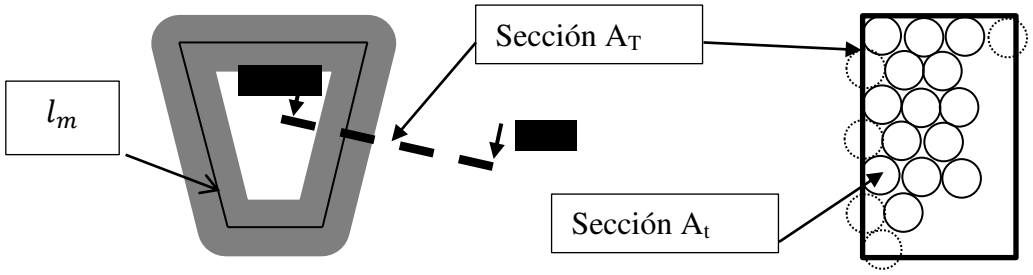


Figura 9. Descripción de una bobina (a) Vista de frente de una bobina teorica, se indica un corte y la longitud media (b) Corte transversal de la bobina, se describe como se rellenaría con los alambre de cobres

En la Ecuación 9, se escribe la longitud total l en función de una longitud media l_m y de N.

$$l = N\, l_m \tag{9}$$

El número de espiras o vueltas N, se puede escribir como la Ecuación 10, donde es básicamente el cociente entre áreas y se multiplica por f, coeficiente de empaquetamiento. Según la Figura 9 (b) este coeficiente está relacionado con la construcción, la geometría y es menor que 1.

$$N = 6\frac{A_T}{At} f \tag{10}$$

Usando estas últimas expresiones en la Ecuación 7 se escribe la Ecuación 11.

$$R_{int} = \rho_{cobre}\ \frac{N\, l_m}{At} = \rho_{cobre}\ 6\ \frac{\frac{A_T}{At} f\ l_m}{At}$$

$$R_{int} = 6\,\rho_{cobre}\,\frac{A_T f\ l_m}{(At)^2} \tag{11}$$

La resistencia interna depende de la sección del alambre de cobre, del valor del coeficiente de empaquetamiento, la resistividad del cobre y el área transversal del bobinado según la Figura 9 (a).
Este ensayo, se obtiene la dependencia de la corriente en RMS con respecto a la velocidad de giro del eje. En la Figura 10, se muestran tres casos. El primer caso corresponde a lo previsto por la Ecuación 6, donde la impedancia interna solo es una resistencia y esta no depende de la temperatura. El segundo caso, usando la misma ecuación, se contempla la variación de la resistencia con la temperatura. Y un tercer caso, donde la corriente está afectada por la variación de la resistencia con la temperatura y también se tiene en cuenta el valor de la reactancia interna.

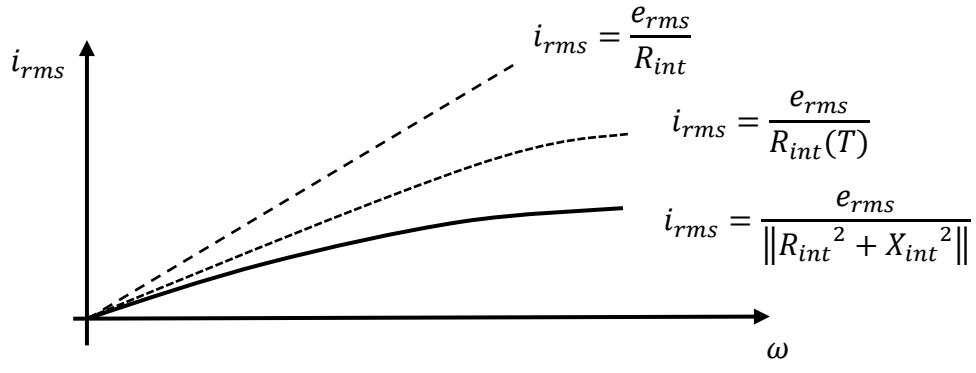


Figura 10. Curvas características del ensayo de cortocircuito.

1.4 ENSAYO DE MAXIMA POTENCIA

Este ensayo se basa en el teorema de máxima transferencia de potencia. Se debe igualar la resistencia de carga a la resistencia interna. Anteriormente, se supuso que la reactancia interna es despreciable en ciertos casos. Pero se puede sumar en paralelo un capacitor de manera de cancelar la reactancia interna del generador, solo para una velocidad de giro fija, y lograr así una impedancia totalmente resistiva. En la Figura 11, se describe el circuito equivalente del generador en el ensayo de máxima potencia.

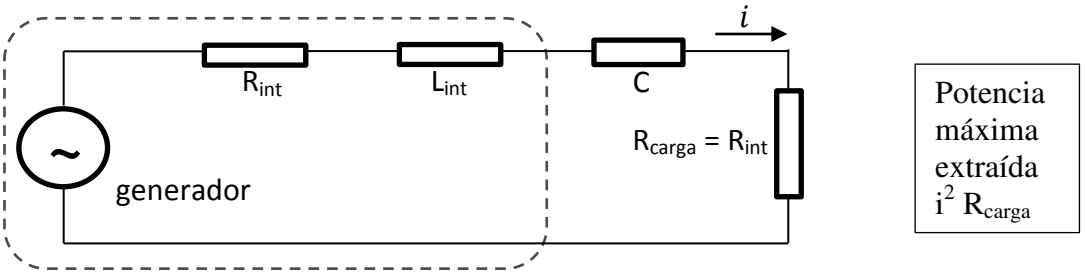


Figura 11.Circuito equivalente del generador en el ensayo de máxima potencia

La potencia en este ensayo se escribe como la Ecuación 12.Usando las expresiones anteriores se escribe la potencia obtenida como la Ecuación 13. Se expresa todo en valores RMS.

$$\mathrm{P_{max}} = \mathrm{i_{RMS}}^2 \mathrm{R_{carga}} \tag{12}$$

$$\mathrm{P_{max}} = \left(\frac{e_{RMS}}{2\,\mathrm{R_{carga}}}\right)^2 \mathrm{R_{carga}}$$

$$\mathrm{P_{max}} = \frac{(\mathrm{cte\ N\ B^{*}\omega\ A})^2}{4\,\mathrm{R_{int}}} = \frac{\left(\mathrm{cte}\ 6\,\frac{A_T}{At} f\ \mathrm{B^{*}\omega\ A}\right)^2}{24\,\rho_{cobre}\,\frac{A_T f\, l_m}{(At)^2}}$$

$$\mathrm{P_{max}} = f\,A_T\,\frac{3\,(\mathrm{cte\ B^{*}A})^2}{2\,\rho_{cobre}\,l_m}\,\omega^2 \tag{13}$$

De la Ecuación 13, se puede ver que la potencia máxima no depende del diámetro del alambre explícitamente, pero si depende del factor de empaquetamiento, de propiedades del alambre, propiedad del imán, dimensiones geométricas y de la velocidad angular al cuadrado. El coeficiente de empaquetamiento depende fuertemente de la construcción, es por eso que no se estudia con más profundidad.

Es posible que el calentamiento del bobinado afecte en la Ecuación 13, afectando el valor de la resistencia interna. Ese análisis no se contempla.

En este ensayo, se obtiene la curva característica que describe la dependencia de la potencia con la velocidad de giro. En la Figura 12, se muestra que la potencia tiene una dependencia cuadrática.

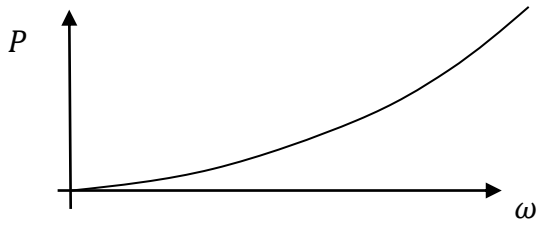


Figura 12.Curva característica del ensayo de máxima potencia.

1.5 MOTIVACION

Esta subsección se dedica a resumir el enfoque del informe. Una vez planteado un modelo teórico en base a suposiciones y del entendimiento del problema físico, se procede implementarlo en el laboratorio. La implementación debe ser antecedida por la elección de una estrategia o metodología de trabajo: se plantea un objetivo. En el laboratorio, aparecen nuevas variables que antes no se tuvieron en cuenta y deben ser resueltas ya sea modificando el modelo teórico o realizando alguna consideración. De las mediciones realizadas, se realiza un procesamiento para poder obtener características, en este caso, del generador.

2. METODO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

Se optimizaron algunas variables siguiendo el trabajo realizado por O. Nalín y F. Burgos [4]. Se propuso fijo el diseño, la cantidad de imanes a utilizar (12) y las dimensiones transversales. La distancia entre imanes se eligió como variable a optimizar. En la Figura 12 se indica cuál es esta. Una vez fijada esta separación, se determina el volumen a ser rellenado por el alambre de cobre.

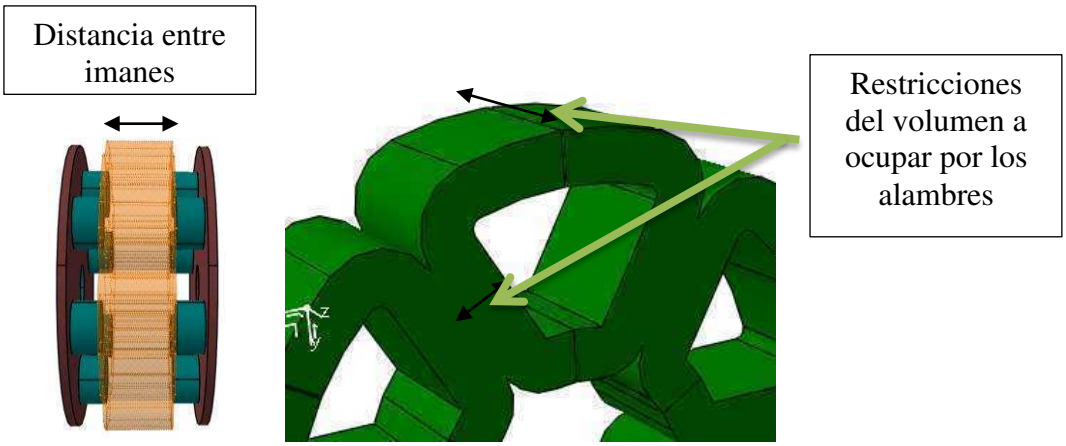


Figura 12 Descripción de las geometrías involucradas en el diseño.

La fuente impulsora utilizada para realizar los ensayos es un motor trifásico de corriente alterna, transmitiendo el torque y las rpm por medio de una polea y una correa. Para realizar ensayos con velocidad de giro variable, se cuenta con un variador de frecuencia SIEMENS con un rango de 5 a 50 Hz.

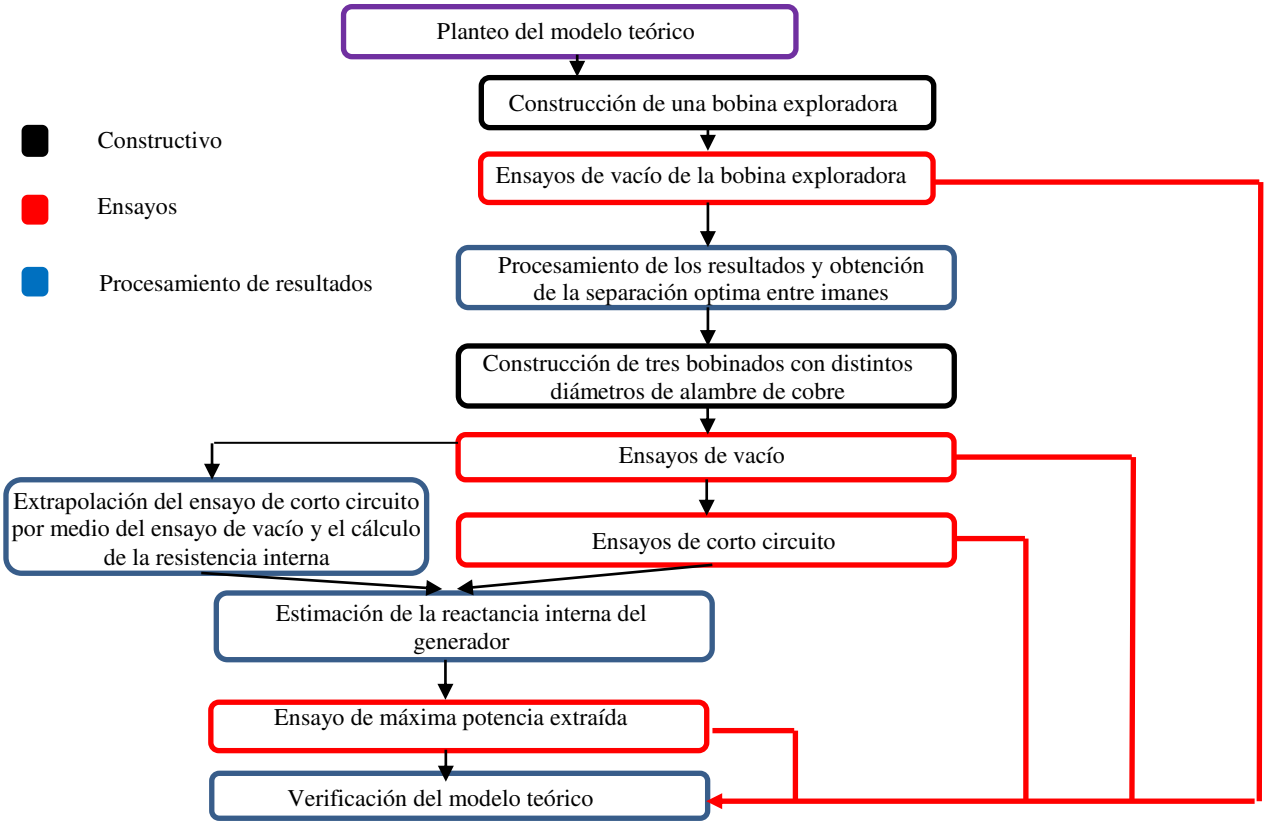
Existe una relación entre la velocidad de giro del eje y el valor configurado en el variador dado por el análisis de la cadena cinemática. Desde ahora, se elige por simplicidad usar la frecuencia configurada en el variador en vez de la velocidad de giro del eje.

Por otro lado, las mediciones de voltajes y corriente se realizaron con un multímetro BAW-UT60E, mediciones de resistencias con un analizador de impedancias Agilent 34401 y mediciones de longitudes como diámetros se hicieron con calibres de apreciación de 0,05 mm.

Por último, se verificó que en los bornes de salida del generador haya una señal alterna. Esto se realizó con un osciloscopio Agilent DSO3062A.

2.1 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Se describe a continuación de manera esquemática la metodología empleada y más detallada adelante.



2.2 DETERMINACIÓN DE LA SEPARACION ENTRE IMANES

El criterio para elegir la separación entre imanes depende de las variables que se deseen optimizar, y estas están asociadas a los ensayos que se puedan realizar, pudiendo ser la tensión de vacío, la corriente de cortocircuito o la potencia máxima. Existen algunas otras como la eficiencia que no son estudiadas aquí.
Se siguió el criterio de maximizar la tensión de vacío. Para esto se construye una bobina exploradora. Esta cuenta con una sola capa de espiras, 5 vueltas por bobina y un diámetro de alambre de cobre de $0{,}72 \pm 0{,}02\ mm$. En la Figura 13 se puede observar esta bobina.

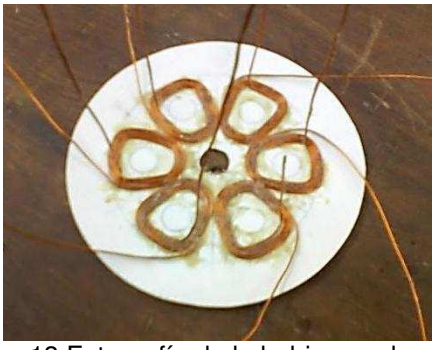


Figura 13 Fotografía de la bobina exploradora

Se montó la bobina exploradora en el generador y se realizaron ensayos de vacío para distintas separaciones entre imanes. La bobina siempre fue ubicada en la distancia intermedia entre los dos platos portaimanes. En la Figura 14, se muestran los ensayos de vacío realizados.

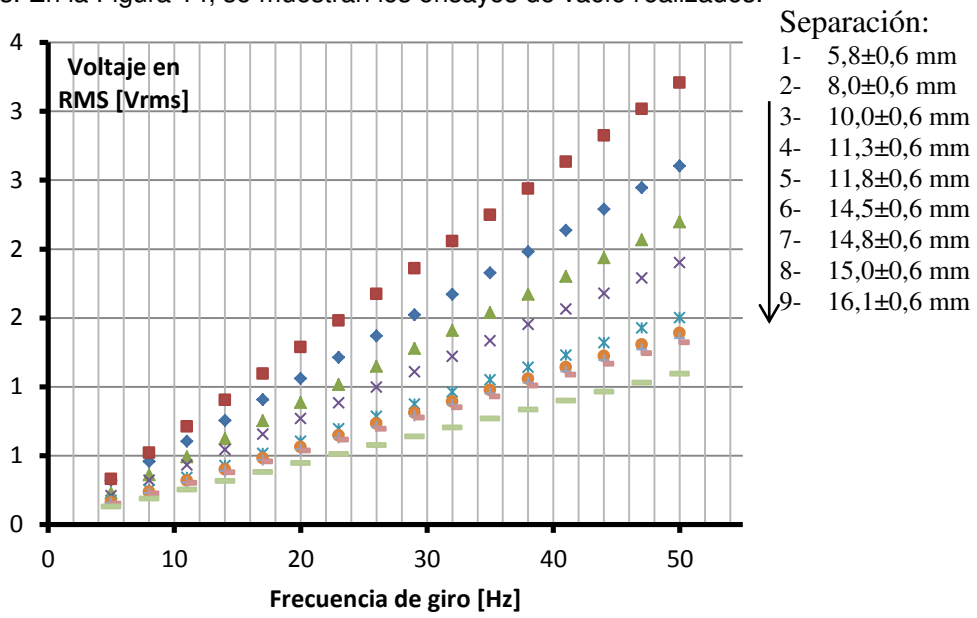


Figura 14. Ensayos de vacío de la bobina exploradora para distintas separaciones entre imanes.

De la Ecuación 4, se puede estimar el comportamiento magnético de los imanes, B^*, dividiendo la tensión de vacío por la velocidad de giro ω ya que todos los otros parámetros están fijos. Se usaron los ensayos de vacío para verificar el comportamiento magnético con respecto a la separación entre imanes. Para cada valor de separación, se obtuvo un valor promedio proporcional a B^*. La influencia de la densidad de flujo disminuye a medida que se separan los imanes. Después de los 16 mm, se puede observar una disminución considerable. Esto se puede explicar cómo que las líneas ya no se cierran como lo describe la Figura 5, si no que tienden a cerrarse entre imanes contiguos en el sentido angular, marcando un límite de diseño.

De la Ecuación 4, también se puede ver la dependencia de la tensión de vacío con el número de espiras N y a menor diámetro de alambre de cobre mayor número de vueltas N. Entonces bobinados de menores diámetros de alambre inducen mayor tensión de vacío. En este caso, se usó un diámetro fijo y se supuso que cualquier otro bobinado de menor diámetro de alambre tenía el mismo comportamiento salvo un factor de escala.

A medida que se separan los imanes, dan la posibilidad de incorporar más espiras al bobinado. Este aumento incrementa el valor de la tensión de vacío. Se pueden extrapolar los valores de tensión de vacío que podría tener una bobina del tamaño que correspondiera a esa separación entre imanes.
En la Figura 15, se muestran estas tendencias. Hay seis curvas, cada una corresponde a una velocidad de giro distinta y a medida que aumenta la velocidad de giro aumenta la tensión de vacío extrapolada.

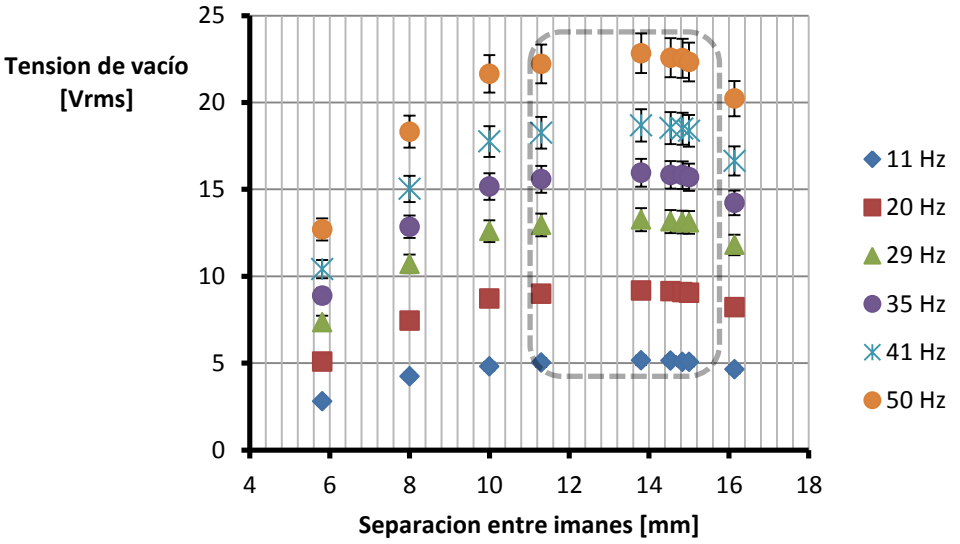


Figura 15. Tensiones de vacío extrapoladas. Las frecuencias corresponden al valor programado en el variador de frecuencia. En la zona remarcada, se indica donde no hay grandes cambios de tensión de vacío.

Al ir separando los imanes, la distribución de la densidad de flujo no es la misma. Presenta un mínimo en el centro. El trabajo realizado por L. Díaz y Ch. Trujillo [5] muestra mediciones para geometrías similares a las usadas en este trabajo. En la Figura 16 se muestra unas mediciones realizadas por ellos.

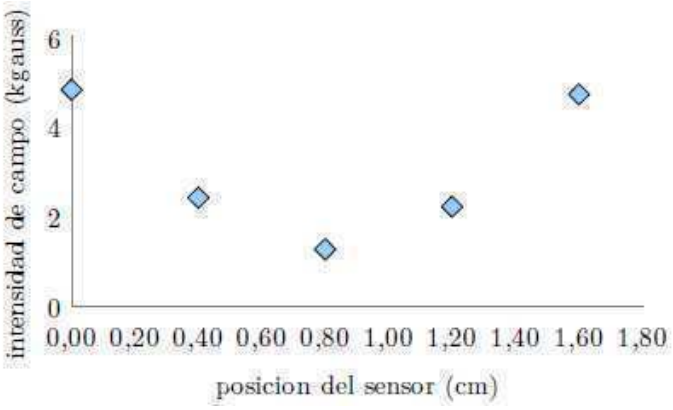


Figura 16 Distribución de la intensidad de campo en dirección axial. La separación entre imanes es de 16 mm. Figura tomada del trabajo de L. Díaz y Ch. T [5]

Al realizar la extrapolación de las tensiones de vacío, no se tuvo en cuenta cómo afecta a las bobinas la distribución de intensidad de campo o densidad de flujo. Por la distribución de la intensidad de campo el análisis resulto conservativo.

Según la Figura 16, entre las distancias entre imanes correspondientes a 11 mm y 15 mm la tensión de vacío varia en un ~3%. Es por eso que, de este intervalo, se elige la separación óptima bajo las suposiciones ya planteadas.

Bajo limitantes constructivos, no fue posible lograr cualquier separación entre imanes. La distancia óptima lograda corresponde a $L_{optima} = 13{,}9 \pm 0{,}6\ mm$ y se encuentra adentro del intervalo ya mencionado.

Además de encontrar la separación óptima entre imanes es necesario definir a priori el espesor de bobina posible a construir. Si se toman huelgos de 0,5mm de cada lado, el espesor máximo a construir es de $espesor_{maximo} = 12{,}9 \pm 0{,}6\ mm$.

2.3 OBTENCION DE POTENCIA DEL GENERADOR CON DISTINTOS DIAMETROS DE ALAMBRE DE COBRE

Una vez fijada la separación entre imanes y con esto, fijado el volumen a ocupar por las bobinas, se procedió a su construcción. Se construyeron tres bobinados. En la Figura 17 se ve una fotografía de uno de ellos, y en la Tabla 1 se detallan características de estos bobinados.

Figura 17 Fotografía de uno de los tres bobinados construidos

Tabla 1 *Características de los bobinados construidos.*

Nombre del bobinado	Diámetro del alambre de cobre [mm]	Resistencia* del bobinado construido [Ω]	Numero de vueltas	Coeficiente de empaquetamiento**
B1	0,75 ± 0,01	0,94 ± 0,03	336 ± 6	0,38 ± 0,01
B2	0,90 ± 0,01	0,53 ± 0,01	288 ± 3	0,47 ± 0,01
B3	1,40 ± 0,01	0,143 ± 0,005	144 ± 2	0,56 ± 0,01

*Resistencia medida a temperatura ambiente (20ºC)
**El coeficiente de empaquetamiento se calcula a partir de un área A_T teórica proveniente de la geometría del diseño, y del número de vueltas calculado y la sección del diámetro del alambre

Se realizaron ensayos de vacío para los tres bobinados construidos. En la Figura 19, se describe el comportamiento de cada bobinado. El bobinado de menor diámetro tiene más número de vueltas por eso induce mayor tensión de vacío en comparación con los otros.

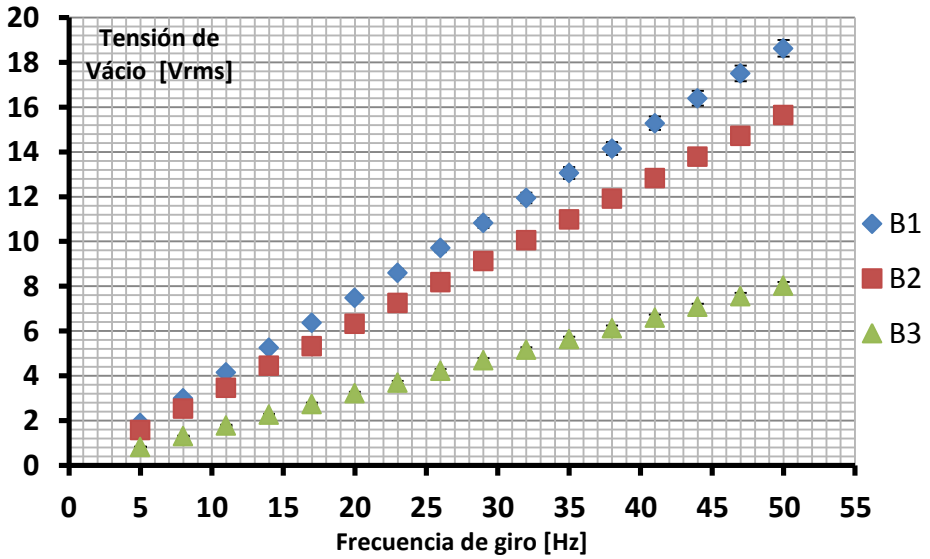


Figura 19 Tensión de vacío de los tres bobinados construidos. La frecuencia de giro en Hz debido a variador de frecuencia.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Tutorías para Alumnos de Primer Año de Ingeniería Mecánica: Experiencia de Trabajo en la Universidad Nacional de Rio Cuarto

Alcoba, Marcelo*, Bustos, Carolina, Curti, Marcelo, Vaca, Mariano.

Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ingeniería.
Ruta Nac. 36 - Km. 601 - Código Postal X5804BYA - Río Cuarto - Córdoba - Argentina
malcoba@ing.unrc.edu.ar.
ramieva@ing.unrc.edu.ar
cbustos@ing.unrc.edu.ar
mcurti@ing.unrc.edu.ar
cvaca@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN
En el marco del Programa de Mejoramiento de la Enseñanza de la Ingeniería (PROMEI) se crea en el año 2006 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto, el Grupo de Apoyo Tutorial (GAT) conformado por docentes y estudiantes de las carreras de la facultad y coordinado por el Gabinete de Asesoramiento Pedagógico.
En el presente trabajo se revisa reflexivamente las producciones de las actividades llevadas a cabo con los ingresantes y estudiantes del primer año de la carrera Ingeniería Mecánica. Se describen las actividades de orientación y tutorías desarrollados por el GAT en atención a la caracterización de este grupo de estudiantes. Se describen asimismo, algunas actividades desarrolladas con docentes y otras instancias institucionales.
En el transcurso de estos seis años de actividad, el espacio de trabajo del GAT se ha ido configurando con:
a) La realización de talleres durante la etapa de ingreso a la carrera en los que se han indagado —entre los ingresantes— las representaciones sobre la Ingeniería Mecánica como carrera y futura profesión; cómo se perciben como estudiantes, y la enseñanza que quieren y necesitan.
b) El seguimiento y acompañamiento de estudiantes académicamente vulnerables.
c) La revisión del rol y la función del tutor docente y del tutor par.
d) La investigación educativa y la búsqueda de una articulación de la tutoría a la enseñanza de grado.
Todas, actividades que persiguen como propósito, contribuir a facilitar la inserción de los estudiantes en la Universidad y fortalecer el desempeño propiciando buenas prácticas con relación al estudio y a la gestión propia de la carrera.
La revisión encarada en esta ponencia, se constituye en una oportunidad para evaluar las acciones realizadas y avizorar nuevas líneas de trabajo en el tema.

Palabras Claves: Tutoría, ingresantes, representaciones, enseñanza, profesión.

1. INTRODUCCIÓN

El primer sistema de tutorías implementado en la Universidad Nacional de Río Cuarto tuvo lugar a comienzos de la década del ochenta, cuando aún imperaba el gobierno de facto. Aunque no contamos con documentación sobre sus objetivos y modalidad de desarrollo, por testimonios de docentes que en esa época se desempeñaron como tutores o bien fueron entonces tutorados, sabemos que a cada alumno que ingresaba a la universidad se le asignaba un tutor docente. Al parecer, no existía un seguimiento ni una evaluación institucional del sistema, como tampoco, mayores precisiones sobre cómo desarrollar la tarea.

A mediados de los noventa, se crea el *Sistema de Tutorías para los Alumnos Ingresantes a Primer Año de la UNRC*(1995). En este sistema, un grupo de docentes de cada facultad era designado como tutor de un determinado grupo de alumnos. Como en la experiencia de los ochenta, la demanda del servicio fue casi inexistente de modo que no volvería a reeditarse en los próximos años.

En el año 2005, las tutorías surgen nuevamente en la universidad, más específicamente en las facultades de Ingeniería, a través del *Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería (PROMEI),* que promueve el desarrollo de acciones orientadas a afrontar y resolver las debilidades de la formación de los ingenieros identificadas en los procesos de acreditación de las carreras de grado. Esta inclusión está asociada a concebir a las tutorías como una de las estrategias adecuadas para abordar los problemas de fracaso académico en los primeros años de estudio y es con este espíritu que surgen la mayoría de los sistemas de tutorías implementados en las facultades de Ingeniería del país.

Con estos antecedentes, surge en el año 2006 el Grupo de Apoyo Tutorial (GAT) de la Facultad de Ingeniería, creado por Resolución Decanal Nº 168/06.

Inicialmente, el GAT estuvo conformado por dieciséis docentes pertenecientes a las cuatro carreras de la Facultad –Ingeniería Mecánica, Electricista, Química y en Telecomunicaciones- y coordinado por la asesora pedagógica. En el año 2008, el grupo modifica su conformación; se reduce el número de tutores docentes y se incorporan ocho estudiantes avanzados de las cuatro carreras, desempeñándose como tutores-pares. Actualmente, el grupo está conformado por ocho tutores docentes, por ocho tutores pares, y por la asesora pedagógica.

A lo largo de los años se han ido desarrollando desde el GAT diferentes actividades, entre las que se pueden mencionar: 1. Actividades de intervención tutorial, dentro de las cuales se destacan: a) La realización de talleres durante la etapa de ingreso a la carrera en los que se han indagado las representaciones sobre la Ingeniería Mecánica como carrera, futura profesión, y cómo se perciben como estudiantes y la enseñanza que quieren y necesitan.; b) El seguimiento y acompañamiento de estudiantes académicamente vulnerables. 2. Actividades de formación e investigación para el mejor desarrollo de la función tutorial, consistentes en: a) La revisión del rol y la función del tutor docente y del tutor par; b) La investigación educativa y la búsqueda de una articulación de la tutoría a la enseñanza de grado.

En este trabajo nos abocamos a la reflexión crítica de estas actividades con el propósito de identificar nuevas líneas de acción en el trabajo de tutoría con estudiantes de Ingeniería Mecánica.

2. LAS ACTIVIDADES DEL GAT DESDE SU CREACIÓN HASTA EL PRESENTE

2.1 Actividades de intervención tutorial

2.1.1 Realización de talleres para indagar sobre las representaciones, las imágenes y las expectativas de los ingresantes.

Una de las acciones que ha ido configurando el espacio de trabajo del GAT han sido los Talleres de Iniciación a la Vida Universitaria realizados durante la etapa de ingreso a la carrera.

A partir del año 2009, los docentes ingenieros integrantes del GAT decidimos asumir la planificación y la coordinación de talleres —desarrollados a contraturno a las clases de física y matemática)— dirigidos a los ingresantes de las cuatro carreras de la Facultad, entre ellas Ingeniería Mecánica.

Estos talleres estuvieron orientados a plantear una reflexión sobre tres temas: la carrera elegida y la futura profesión; cómo se perciben los ingresantes como estudiantes; y la enseñanza que quieren y necesitan.

Respecto a la reflexión sobre la carrera elegida y la futura profesión, acudimos a la indagación de las representaciones de los ingresantes sobre ambos temas. Según los aportes de la psicología y la sociología [1-3] las representaciones son elaboraciones individuales y subjetivas pero no despojadas de una dimensión intersubjetiva y social; pues, son promovidas por la cultura y sus esquemas dominantes de pensamiento, construidas históricamente. La mayoría de las veces el contenido y el significado de estas representaciones son poco consciente o inconscientes; por lo que condicionan, cuando no determinan, nuestras relaciones y prácticas respecto a los objetos que refieren, tornándolas estereotipadas, repetitivas y rutinarias; en síntesis, obstaculizando el cambio o nuevos aprendizajes.
Cabe aclarar que los talleres no son obligatorios y que las representaciones que a continuación describimos corresponden a 25 ingresantes de la carrera que asistieron al taller del año 2012.

- En cuanto a *la profesión*, las respuestas, en su mayoría, muestran a un ingeniero solo, rodeado de, o trabajando con, objetos. Muchos manifiestan una actividad de diseño o fabricación, en menor cantidad aparece como actividad el mantenimiento. El ambiente en el cual se imaginan trabajando lo denominan fábrica, empresa o taller, algunos manifiestan la idea de la propia empresa.
  Una tercera parte muestra una orientación automovilística indicada expresamente, con términos como “automotor”, “fórmula 1”, “vehículos”, “competición”, o la sola mención de conocidas marcas de empresas automotrices. También los dibujos plasmados hacen referencia a elementos de esta rama, tales como motores, diferenciales, vehículos.
  Las casi dos terceras partes de las respuestas aluden a la producción, utilizando términos tales como “líneas de mecanizado”, “centros de mecanizado”, “proceso industrial”, “planta de tratamiento”, “maquinarias” o bien a través de representaciones que muestran plantas fabriles, ambientes que se asemejan a oficinas técnicas, laboratorios, consolas o cuartos de control.
  En sólo dos casos se menciona a la investigación como posible futuro.
  Las personas o grupos aparecen en pocos dibujos y se trata de situaciones en las que el ingeniero está a cargo de actividades de formación —dando clases o cursos en una empresa— o de conducción de personal.
  En dos casos podemos observar la referencia expresa de un ideal que sustentaría la profesión, tales como “trabajar por y para la industria nacional” y “cambiar el mundo”.

- Respecto a las *representaciones sobre la carrera*, accedimos a las mismas a través de dos actividades: a) una que proponía comparar la ingeniería con un objeto, un animal o una planta explicando luego el porqué de esa comparación; y b) otra que invitaba a que imaginaran a la carrera como un viaje de aventura, plasmando en un collage o dibujo las situaciones o pruebas que estimaban, iban a encontrar.

  Si consideramos las representaciones surgidas de la primera actividad, advertimos que las mismas se polarizan entre aquellas que refieren a un esfuerzo que casi llega a ser un sacrificio —la mayoría— y las que contienen una visión esperanzadora u optimista. En el primer caso, la carrera se percibe como un trayecto “cuesta arriba” que implica esfuerzo, dificultad, riesgo y que insume mucho tiempo. La carrera se visualiza, entonces, como un largo, acelerado y accidentado viaje en el que muchos no llegan a destino, pues, como en un laberinto, algunos se pierden o abandonan; pero que si se supera, se ve el futuro, y que sólo se disfruta y se siente satisfacción y orgullo cuando se ha llegado a la cima o a la meta.

  También existe un grupo de comparaciones que pueden pensarse como próximas o complementarias a las anteriores, es el caso en el que se mencionan transportes de tracción a sangre —bote, canoa, bicicletas— que expresan la idea de que hay que “remar” o “pedalear” mucho para llegar a la meta o salir adelante. En la misma dirección, encontramos otras comparaciones que asocian la carrera con *un embudo* (entran muchos y salen pocos), o como *una casa muy grande de difícil acceso;* o con deportes extremos. La idea siempre refiere a los obstáculos y al gran esfuerzo que hay que hacer para superarlos.

Respecto a las obtenidas por medio de la segunda actividad en la que se propone desde el inicio la comparación de la carrera con un viaje de aventuras, en los collages se observa el miedo, la incertidumbre y la inseguridad al inicio de la carrera. Aisladamente se presenta como un aspecto importante la experiencia del nivel medio. En el tramo medio del viaje aparece tanto el esfuerzo, junto con situaciones de crisis y eventuales fracasos, como la diversión, el escape o la distensión. También tienen un lugar destacado el trabajo grupal y el tiempo entre amigos o compañeros. En la parte final del viaje, aparece el logro personal y el rédito económico, explícitamente el dinero.

Las representaciones favorables aparecen en menor medida. Aquellas que comparan la carrera con una planta aluden a ella como proceso o algo que requiere tiempo para ver resultados, un proceso que requiere atención, cuidado y esfuerzo si se desea obtener buenos resultados. Cuando se la compara con un animal, aparece la complejidad y las habilidades que ayudaría a desarrollar. En otras representaciones, la carrera presenta situaciones y problemas necesarios de afrontar y resolver apelando el ingenio, así, se ve la carrera como *un acertijo, un crucigrama, un juego de ingenio, un cubo mágico;* otras, la comparan con *una casa* o *un edificio a construir*, al hecho de que *se empieza por los cimientos (ganas de estudiar), paredes (conocimientos que se incorporan), techo (objetivo, recibirse), aplicar conocimientos de la carrera en el trabajo;* un edificio que se construye poco a poco con esfuerzo.

También en los talleres mencionados, indagamos *las imágenes de los ingresantes sobre cómo se perciben como estudiantes*. Este aspecto también fue conocido a través de dos actividades: una que consiste en escribir en una tarjeta en la que figura el nombre —tarjeta que se les da al iniciar el taller— una cualidad que lo describa o caracterice como estudiante; y una segunda —a efectos de conocer sus preocupaciones y temores en este tramo de la carrera— en la que se les pide que, de manera individual, aporten títulos para libros que se conviertan en *bestsellers* entre los aspirantes o interesados en estudiar Ingeniería. Lo que encontramos:

- Con relación a la primera actividad —características como estudiantes— tienden a prevalecer calificativos poco favorables para el estudio: vago, distraído, desordenado, desorganizado,…
- Respecto de la segunda, las preocupaciones que aparecen son diversas: la exigencia o forma de enseñar de los profesores; la dificultad o complejidad de las materias a cursar; la excesiva duración que puede llegar a tener la carrera si el desempeño no es bueno; los aprendizajes de la vida más allá de la carrera aunque con incidencia en ella; etc. Esta segunda actividad da cabida, por lo general, al humor y al ingenio; aunque también hay títulos más convencionales y serios. El humor y la ironía aparecen con más frecuencia cuando los intereses o preocupaciones refieren al cursado de la carrera. Este tipo de títulos que expresan la fantasía de un aprendizaje sin esfuerzo o como un producto que se puede comprar, han aparecido con más frecuencia en los últimos años. También el humor está presente cuando por medio de los títulos los ingresantes se refieren a los aprendizajes de la vida estudiantil lejos de la familia, probando una mayor libertad. En tanto que los títulos más convencionales o serios, aluden a los recursos que se advierten necesarios para el estudio. O bien, al interés en contar con mayor orientación sobre la carrera o la profesión.

Un tercer aspecto trabajado en los talleres, han sido *las expectativas sobre la enseñanza que quieren y necesitan los ingresantes.* Éstas fueron indagadas a través de una actividad en la que por grupos, los ingresantes debían realizar el retrato del docente que necesitaban o les gustaría tener en la carrera, para aportarlo luego a una supuesta galería de retratos que la facultad se hallaba organizando. Cada retrato debía tener una descripción que acompañara al dibujo y que sirviera para entenderlo mejor. Se les propuso también, que a efectos de dibujar este retrato, pensaran en sus propios estilos de aprendizaje, en cómo aprenden mejor, en el estudiante que querrían ser y la ayuda que, en consecuencia, necesitarían de parte de un docente para ser efectivamente así.

Según los retratos, el docente que los ingresantes quieren y necesitan es una persona joven o mayor, aunque predomina la idea de un docente adulto, y por lo general varón, formal, con dominio del conocimiento de la asignatura, seguro, con control sobre la materia y la clase, es crítico, activo y

comprometido con la educación. Existe la tendencia a la idealización; ya que se lo tiende a ver casi como un ídolo o un súper héroe investido de las cualidades de comprensión, sensibilidad (sabe escuchar), paciencia, carisma, optimismo, disponibilidad para el alumno. Las representaciones están fuertemente vinculadas a acciones relacionados con el acompañamiento, la guía, la orientación (imagen de brújulas), el incentivo, la coordinación… el entorno en el que docente y alumno se encontrarían es la clase participativa, se trabaja en grupo, hay humor, buena onda, etc.

2.1.2 El seguimiento y acompañamiento de estudiantes académicamente vulnerables.

Durante la planificación de actividades con los alumnos de primer año de Ingeniería Mecánica, el GAT establece una lista de prioridades con los estudiantes que considera vulnerables, cuyas problemáticas deben abordarse a corto plazo.

En años anteriores los grupos considerados vulnerables se componían de alumnos de bajo rendimiento académico en primer año, en una o ambas materias consideradas indispensables para la continuidad de la carrera: Física y Cálculo. Esta caracterización se realizaba al finalizar el cuatrimestre, momento en el cual se conocía la condición final del alumno en esas materias.

El GAT notó la incapacidad de adoptar acciones paliativas efectivas, dada la etapa del año en la cual se caracterizaba a los alumnos. Motivo por el cual, a partir del año 2011 y ya en durante el cursillo de ingreso –febrero de cada año- los tutores hacemos propicia la ocasión de los talleres antes descritos, para entregar un cuestionario donde se pregunta acerca de aspectos relacionados con el desempeño académico en el secundario, la situación laboral y familiar, entre otros. También se solicita información de contacto para futuros encuentros. Con la ayuda de esta información recolectada, se logra conocer la situación de cada ingresante, permitiendo una identificación temprana de alumnos "vulnerables".

Dentro de los grupos identificados se pueden mencionar: a) alumnos que adeudan materias del secundario, b) aquellos alumnos que han solicitado becas y deben cumplir con un rendimiento académico para mantenerlas, c) los estudiantes que provienen de otras provincias o de otras localidades, los extranjeros; d) los estudiantes inscriptos en más de una carrera; e) los estudiantes que presentan dudas acerca de la elección de la carrera.

En el caso de los alumnos con asignaturas pendientes del secundario, se les brinda información sobre espacios de apoyo académico específico, tales como el Centro de Estudiantes de Ingeniería y la Federación Universitaria; además de ayudarles a pensar un plan de estudio para rendir las materias que adeudan y continuar con las materias de la Universidad. Por otro lado, para quienes así lo requieran, se les brinda información de la Secretaría de Bienestar sobre ayudas económicas y acción social. Respecto de los chicos que tienen dudas sobre la carrera, se les ofrece un espacio para hablar con los tutores docentes sobre las características del Plan de Estudio y tipo de cursado, perfiles profesionales, inserción laboral. En cuanto a los ingresantes que han desaprobado las materias básicas, se los motiva a ir a consulta con los profesores de la materia o tutores alumnos, se elaboran documentos informativos con formato de volantes, los que son distribuidos en las clases, abordando temáticas acerca de cómo tomar apuntes, técnicas de estudio, como prepararse para una consulta con el profesor, cómo aprovechar una clase expositiva, entre otras.

Finalizado el primer cuatrimestre, se considera además, el grupo de aquellos estudiantes cuyo rendimiento en Física y Cálculo ha sido bajo, es decir, que han quedado libres en una o en ambas materias.

Luego se vuelve a tomar contacto con los alumnos con algunas de las problemáticas ya nombradas, para ofrecerles apoyo para mejorar dicha situación. No se pretende retener a los alumnos, sino darle herramientas para la toma de decisiones para mejorar las circunstancias en las que se encuentran.

Cabe destacar que al momento las actividades desarrolladas relacionadas a los alumnos vulnerables, se ha concentrado en la detección para el posterior seguimiento de estos ingresantes. Este seguimiento se ha focalizado en este primer año de ejecución, en un contacto vía electrónica con los alumnos que tienen algunas de las problemáticas mencionadas. En este contacto se intenta incluir a los alumnos además brindarle información útil y compartir con ellos experiencias propias.

2.2. Actividades de formación e investigación para el mejor desarrollo de la función tutorial

2.2.1 La revisión del rol y la función del tutor docente y del tutor par.

En nuestro grupo, la formación siempre ha tenido un carácter práctico. Se ha tratado de una "formación en la acción" atenta a las actividades a desarrollar y a los problemas y a las inquietudes surgidas en el trabajo. No hemos tenido una etapa de formación previa al desempeño de la función de tutoría; la formación ha estado más bien incardinada con la acción y la vivencia. Dada la procedencia de los integrantes del GAT (docentes y alumnos) surge la necesidad de diferenciar el rol y las funciones de un tutor docente frente a un docente y, de igual forma, diferenciar el rol y las funciones de un tutor-par frente a un alumno.
De modo más regular, en los últimos dos años los tutores docentes nos hemos reunido semanalmente y esto ha dado como resultado una mayor cohesión y confianza para expresar nuestras diferencias de posición, nuestras dudas y expectativas. Es precisamente en el ámbito de estas reuniones donde hemos desarrollado una reflexión profunda sobre lo que hacemos y cómo lo hacemos, las dificultades y los aprendizajes que vamos encontrando en ello, y cómo inciden estos aspectos en la configuración de nuestro rol como tutores y las diferencias con el rol de docente que también desempeñamos en la Facultad.
Aunque hemos acudido a la bibliografía que refiere algunas funciones específicas para un tutor, decidimos caracterizar ambos roles teniendo en cuenta un conjunto de aspectos que en cierta manera responden a nuestras inquietudes como tutores cuando nos preguntamos por *la forma como se configura el rol, los contenidos que domina, la fuente de donde provienen esos contenidos, las funciones del rol, los momentos de intervención, las características de los grupos con los que trabaja,* etc.
Con relación a lo atinente a la *configuración del rol*, sentimos que fundamentalmente hemos configurado nuestro rol de tutor en la acción, sobre la marcha, a partir de las actividades que nos proponíamos o debíamos desarrollar. Mientras que, el rol de docente es un rol consolidado y sus funciones están descriptas con bastante precisión.
Los mayores márgenes para configurar el rol de tutor en la acción, tienen como contrapartida la escasa precisión de aquellos aspectos susceptibles de evaluación y que incluso podrían guiar la acción tutorial.
Los contenidos que busca dominar un tutor son diversos o pluridisciplinares: uso de técnicas de investigación cuantitativas y cualitativas en la realización de diagnósticos, de técnicas de coordinación de grupos y talleres, de dinámicas lúdicas; contenidos relacionados con potenciales o efectivas demandas, necesidades e intereses de los estudiantes como información y orientación vocacional y profesional; contención socio-afectiva; etc. Considerando nuestra profesión de origen: la Ingeniería, la mayoría de los contenidos mencionados nos implica incursionar en un nuevo campo e iniciar una formación en muchas ocasiones costosa en lo personal porque significa encontrarnos con nuevos lenguajes, con nuevas formas de pensar y de intervenir en la realidad.
En cuanto a las funciones que logramos determinar tanto para los tutores-docentes como para los tutores-pares, podemos mencionar:

- funciones de los tutores docentes: a) *facilitar la toma de contacto inicial y la progresiva incorporación de los ingresantes a la Facultad y la carrera*, a través de talleres o encuentros destinados a reflexionar sobre la carrera, el estudio, la enseñanza, la futura profesión; b) *el relevamiento de la situación académica general de los estudiantes del ciclo básico,* para ajustar mejor su intervención como tutor; c) *la orientación curricular* proporcionando información sobre el plan de estudio de la carrera en la cual es tutor: fundamentos, estructura y organización del plan; sentido e incidencia del plan de correlatividades; pertinencia de asignaturas optativas y de orientaciones según intereses del alumno; información de ofertas de posgrado, etc.; d) la *orientación profesional* referida a los diversos ámbitos de inserción laboral de un ingeniero y las actividades desarrolladas en los mismos; orientando también, con relación a los distintos grupos de trabajos de la Facultad a los que un estudiante puede incorporarse como una manera de sostener y fortalecer su elección vocacional a la vez que incursionar tempranamente en la práctica profesional, al menos, en uno de sus ámbitos, la investigación.
- funciones de los tutores-pares: a) *facilitar la integración y afiliación de los ingresantes a la vida universitaria;* lo que logra a través de la: participación en el diseño y co-coordinación de los talleres dirigidos a los ingresantes; información sobre los derechos y los deberes de un estudiante universitario; información sobre los distintos servicios de la Facultad y la

Universidad; orientación sobre trámites y gestiones administrativas vinculadas con el estudio a realizar en el ámbito de la Universidad b) *brindar orientación general, desde la perspectiva de un estudiante que ya ha transitado la experiencia, en el estudio de las principales asignaturas básicas de primer año;* a través de la: coordinación de reuniones de orientación respecto de cómo encarar el estudio de una materia con vistas a parciales y exámenes; cómo prepararse para asistir y aprovechar mejor una clase de consulta con los profesores de una materia; cómo usar los materiales o recursos proporcionados o sugeridos por la cátedra para estudiar la materia; etc.; realización de entrevistas o reuniones con los docentes responsables de la materia en la cual es tutor para conocer el programa de la asignatura; las características del grupo de estudiantes desde la perspectiva del docente; recabar información sobre los contenidos más problemáticos; las dificultades más habituales de los estudiantes; las innovaciones o proyectos didácticos que están desarrollando los docentes; las decisiones curriculares, didácticas y pedagógicas que pueden haber asumido para el año; la organización del trabajo pedagógico de los docentes; etc., para orientar mejor su tarea con los tutorados.

Pese a que las funciones de ambos tutores se advierten complementarias, en una primera instancia de trabajo se presentaba una tensión un tanto difícil de resolver, ya que tutores docentes y tutores pares prácticamente funcionaban por separado, con pocas instancias de trabajo compartidas. Actualmente, los tutores alumnos asisten a al menos una clase semanal de la materia para la cual han sido designados y al concluir la misma completan un formulario respecto a aspectos propios del desarrollo de las clases. Dentro de estos aspectos que se registran se puede mencionar, la puntualidad de los alumnos al comienzo de la clase, consultas realizadas en clase al docente, consultas realizadas al propio tutor par, entre otros. En vistas de articular mejor la tarea, los tutores docentes convocan a los tutores alumnos a reuniones mensuales donde éstos comparten la información recogida en los formularios. Esto permite detectar situaciones problemáticas entre los estudiantes de forma temprana y articular acciones entre los tutores docentes y tutores pares para intervenir oportunamente.

2.2.2 La investigación educativa y la búsqueda de una articulación de la tutoría a la enseñanza de grado.

Varios autores [4,5] destacan que si la orientación y la tutoría han de subsistir como estrategia válida de acompañamiento a los estudiantes en sus múltiples aprendizajes en la universidad, deben integrarse a la docencia.

El logro de la integración es por demás importante, ya que en ésta —entendida también en el sentido de articulación con diversas áreas y actores institucionales— se jugaría el efectivo anclaje institucional de la tutoría y con él, su legitimación. En ese sentido, los modelos culturales de actividad —Teoría de la actividad de Engeström, Enfoque de los tres planos de la actividad socio-cultural de B. Rogoff— proporcionan herramientas conceptuales importantes para analizar no sólo los motivos de la tutoría en el contexto universitario sino también, el impacto en los estudiantes y docentes; los sentidos construidos por los tutores, estudiantes y docentes, sobre la tutoría; las direcciones que se desean dar a los cambios; la interpelación y reconfiguración de identidades, como las de tutor y docente, etc., aspectos entre los cuales pueden producirse tensiones y conflictos necesarios de advertir y trabajar para hacer posible la aceptación e integración de la tutoría en la vida cotidiana de la institución.

Entre las tensiones y conflictos que generan las tutorías como nuevo sistema de actividad en la universidad, están aquellos en los que se ven involucrados docentes y tutores y que obligan a pensar en el tipo de integración que desearíamos entre función tutorial y docencia. Al respecto, se identifican dos tipos de tutoría [6]—aparte del modelo de "tutoría disociada de la acción docente" — la "tutoría complementaria" y la "tutoría integrada" a la acción docente. Asimismo, hay referencias a tres modelos de tutoría: tutoría "imbricada al currículo", tutoría como "función intrínseca a la docencia" y tutoría como "búsqueda del desarrollo integral y de la autonomía de los estudiantes" [7].

Desde nuestra experiencia, creemos que el **genuino anclaje institucional de la tutoría** depende de la articulación de dos formas de tutoría:

1. Tutoría como *"práctica localizada",* de carácter específico, ejercida por un grupo designado especialmente por la institución al efecto, que en nuestro caso llevamos adelante a través del

Grupo de Apoyo Tutorial con la tutoría docente y de pares. La oferta académica de la Facultad de Ingeniería de Río Cuarto, ofrece cuatro orientaciones con dos tutores docentes por cada una de ellas. Cabe consignar que, para la carrera Ingeniería Mecánica, las tutorías docentes son abordadas por dos docentes con formación específica en esta rama con desempeño en cátedras del Ciclo Básico y el Ciclo profesional.

2. Tutoría *"como práctica transversal al currículo"*, de carácter general, ejercida por los docentes responsables de cada asignatura en aspectos concernientes al aprendizaje de sus respectivas materias [8,9].

Sobre la base de este modelo intensificamos nuestro accionar con el objetivo primordial de desarrollar una experiencia de trabajo colaborativo con los docentes de primer año centrada en la incorporación de la orientación y tutoría en la enseñanza de grado de la Ingeniería, de modo de instaurar la tutoría como práctica transversal al currículo.

Este posicionamiento se construye en un largo y arduo proceso atravesado por los integrantes del GAT, y que presenta una primera etapa en la que los tutores docentes trabajamos al margen del currículo y sin conexión con las cátedras. Si bien vislumbrábamos la poca interacción entre las tutorías y las cátedras del primer año, esto no era más que otra manifestación de la escasa o nula visibilización del grupo en el contexto institucional, sumado al hecho de la falta de experiencia de quienes integramos el espacio tutorial.

En el año 2008, a partir de la participación en una convocatoria a Proyectos de Innovación e Investigación para el Mejoramiento de la Enseñanza de Grado (PIIMEG-UNRC), promovida por la Secretaría Académica de la Universidad Nacional de Río Cuarto, nos integramos a una Red de proyectos que, bajo el título "Acceso al conocimiento y la retención de los estudiantes en los primeros años de estudio de Ingeniería"(2009/2010) suma a grupos de docentes de las cátedras de Introducción a la Física y Física, Química dictadas para Ingeniería Mecánica y otras Ingenierías, el GAT y el Gabinete de Asesoramiento Pedagógico. En nuestro caso puntual se inserta desde el proyecto *"Enseñar a aprender: integración de la tutoría a la enseñanza de la ingeniería"*, impulsados por la necesidad de comenzar a generar cambios de enfoque en nuestra tarea integrando la función tutorial a la enseñanza de grado; lo que implica la configuración de una nueva cultura docente con vistas a una enseñanza más inclusiva en contraposición a la escasa o nula inscripción de las acciones de tutorías en el currículo en acción, ya que son pocos los docentes que consideran que la función tutorial sea inherente a su práctica, resultándoles más fácil apoyar iniciativas en las que la función es desempeñada por un grupo específico y conformado al efecto.

Esto se profundiza en el año 2011, con la participación en una nueva convocatoria, a través de la "Red de Proyectos para el Mejoramiento de la enseñanza en el Ciclo Básico de las carreras de Ingeniería" (2011/1012), a través del proyecto "Haciendo Visibles las tutorías…", persistiendo la intención de generar acciones entre equipos de trabajo, aunando esfuerzos y superando el aislamiento en el que normalmente se desarrollan estas iniciativas dentro de una institución.

Algunas acciones desarrolladas en este marco y que se orientan a promover una tutoría integrada a la enseñanza de grado han sido:

- *reuniones de trabajo* de los integrantes de la Red de Investigación y algunas cátedras de primer año, en las que se promueve el debate, el análisis y la reflexión sobre la enseñanza y la orientación para el aprendizaje.
- *la elaboración de perfiles generales de los ingresantes* que luego se presenta a los docentes de primer año a efectos de que la organización de la enseñanza de sus materias, contemple las principales características de los estudiantes. La elaboración de estos perfiles se basa en información recogida en los talleres que ya hemos descrito a través de dinámicas lúdicas y de instrumentos más formales como cuestionarios o entrevistas.
- la asistencia a las clases de primer año, como observadores no participantes, de los tutores pares quienes aportan un mirada particular del trabajo en el aula con sus observaciones atentas de la tarea en el aula, relevando el comportamiento de los estudiantes, su interacción con el docente, el grado de participación, dudas y conflictos para interpretar la materia, etc.

En estas búsquedas somos conscientes de la necesidad de profundizar en qué medida y de qué manera los docentes de las distintas materias de primer año de Ingeniería, pueden integrar las funciones de tutoría a la enseñanza; ya que de ese modo se asegura la orientación, por parte de una

figura significativa para los estudiantes, en uno de los principales aspectos —el académico— en los que los estudiantes requieren ayuda. Esta integración estaría indicando la posibilidad de una nueva manera de ser docentes (docente orientador de los aprendizajes) en Ingeniería.

3. CONCLUSIONES

Como hemos dado cuenta, han existido distintos proyectos y experiencias de tutoría en la UNRC; no obstante, podemos considerar como nuevo el actual modelo que estamos desarrollando desde el GAT ya que la intención es concebir la tutoría no como un rol sino como una función que debe ser cumplida por todos los docentes de la carrera.
Esta idea de tutoría la hemos ido desarrollando con el tiempo a partir de las reflexiones sobre el rol de tutor y sus relaciones con otros roles más consolidados como el de docente y el de ayudante alumno.
Desde el GAT hemos desarrollado diversas actividades y creemos que de su desarrollo podemos derivar algunos aspectos o cuestiones que pueden obrar como orientaciones para la toma de decisiones sobre cómo mejorar nuestra tarea, a saber:

- la realización de actividades al comienzo de la carrera, con una participación específica del GAT en los talleres dirigidos a los ingresantes, ha permitido un contacto más temprano con ellos, aumentar la visibilidad de las tutorías e identificar también más tempranamente a los estudiantes en situación de vulnerabilidad académica.

- creemos haber confirmado la importancia de las actividades desarrolladas en los talleres que nos han permitido recoger las representaciones, imágenes y expectativas de los ingresantes. En ese sentido, se hace necesario un trabajo, tanto desde las tutorías como desde la enseñanza de grado, sobre las representaciones para modificar situaciones que contribuirían a afianzarlas y tornar más difícil la construcción del rol de estudiante de Ingeniería: a) un ingresante que cree que un ingeniero tiene trato sólo con productos, procesos, objetos o sistemas es probable que esté menos predispuesto a encarar el estudio de materias de contenido social o humanista afianzando justamente la crítica que muchas empresas realizan a la formación; b) un ingresante que considera en extremos difícil la carrera puede que le sirva de acicate para encarar con mayor dedicación el estudio, que la asuma como desafío, pero también puede servir de excusa para abandonarla ante los primeros reveses («No es para mí. No soy lo suficientemente inteligente.»); c) un ingresante con una pobre autopercepción de sí mismo como estudiante y que reconoce muchos y variados temores y aprendizajes que van más allá de la carrera, estaría en una situación de vulnerabilidad inicial que podría comprometer los primeros resultados de cursado; d) finalmente, en lo que respecta al docente deseado y necesario en la carrera, ayudaría a construir el oficio de estudiante un docente dispuesto a orientar, a acompañar, a escuchar, a facilitar el trabajo grupal, un «docente orientador».
  Tenemos, entonces, que encarar acciones que obren sobre estas representaciones y logren modificar, o al menos atenuar, el escaso conocimiento que tienen los ingresantes sobre la carrera y el campo profesional. Estas acciones pueden ser llevadas a cabo desde una intervención “tutorial” en las actividades de articulación con el nivel medio y aquellas de difusión y promoción de la carrera que realiza la institución. Además, desde la enseñanza, se puede intervenir en el fortalecimiento del concepto de ingeniero y su campo profesional relacionando los contenidos enseñados con el ejercicio de la práctica profesional.

- nos falta incrementar el trabajo con las cátedras de primer año. En las expectativas de los ingresantes sobre un docente orientador, está planteado el desafío de trabajar con los docentes sobre cuestiones tales: c*ómo leer un texto de la disciplina; cómo se estudia la materia; cuál es el aporte de la materia a la formación profesional contribuyendo simultáneamente a clarificando el perfil laboral de la carrera*, entre otros, aspectos todos que en primera instancia podrían considerarse implícitos en el desarrollo de la disciplina, y que sin embargo al profundizar en los mismos superan el contenido disciplinar y a priori no son considerados, para su desarrollo, por los docentes en sus cátedras.

4. REFERENCIAS

[1] Moscovici, Serge. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público.* Buenos Aires. Editorial Huemul S.A.

[2] Jodelet, Denise. (1986) "La representación social: fenómenos, concepto y teoría". En: Moscovici, Serge (comp.). *Psicología Social II. Pensamiento y vida social. Psicología social y problemas sociales.* Ediciones Paidós. Barcelona.

[3] Abric, Jean Claude. (2001). "Prácticas sociales, representaciones sociales". En: Abric, Jean Claude (comp.). *Prácticas Sociales y representaciones*. Ediciones Coyoacán. (Versión digital). México D.F.

[4] Coriat Benarroch, M.; Sanz Oro, R. (2002). "Orientación y tutoría universitaria". Comunicación presentada en las *Jornadas sobre Tutoría y Orientación.* Universidad de Granada.

[5] Sanz Oro, R. (2005). "Integración del estudiante en el sistema universitario: la tutoría". En *Cuadernos de Integración Europe*a, N° 2, pp. 69-95.

[6] Gairin, Joaquín et al. (2004). "La tutoría académica en el escenario europeo de la educación superior". *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado.* 18(1), pp. 61-77. España.

[7] Barrios Campos, R.; Nieto Caraveo, L. (2009). "El modelo de acción tutorial diversificado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí". *Jornadas Iberoamericanas de Tutoría y Orientación en Educación Superior.* Mendoza, Argentina.

[8] Amieva, Rita et al. (2009). "El docente tutor de Ingeniería como coordinador de talleres lúdicos" Actas de las *Jornadas Iberoamericanas de Orientación y Tutoría en la Educación Superior*. Mendoza, Argentina.

[9] Amieva, Rita et al. (2010). "Construyendo el oficio de tutor en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto". Actas del *Primer Congreso Argentino de Sistemas de Tutorías en Facultades de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Económicas, Informática y Afines*. Oberá, Argentina.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE AERONAVES BAJO LAS NORMATIVAS DE LA COMPETENCIA SAE AERODESIGN USA Y BRASIL.

Autor: Ing. Donald López.

Universidad Nacional Experimental politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana. "UNEFA".
Dpto. Ingeniería Aeronáutica UNEFA, núcleo Maracay, Boca de rio frente a Base aérea Mariscal Sucre Maracay. Edo Aragua
Dirección: Intercomunal Turmero-Maracay, Urb. Arturo Michelena, Esq. Junín cruce con calle Boyacá # 42 Maracay. Edo Aragua. Venezuela.

Teléfono: +58-414-4625376, +58-243-2334119 (oficina), +58-243-2327496 (Fax).
Correo: donaldlopez.ve@gmail.com , donatello_ve@hotmail.com

RESUMEN.

El presente trabajo representa una herramienta útil para estudiantes de ingeniería que deseen participar en las competencias SAE Aerodesign West, East o Brasil, también es un aporte al desarrollo endógeno de la ciencia y la tecnología dentro del área aeronáutica en nuestros países no productores de aeronaves y orienta a los futuros ingenieros en cómo se ejecuta un proyecto aeronáutico desde su fase preliminar (diseño) hasta su ejecución (producción) y el aporte más importante ha sido mejorar la calidad de los informes técnicos presentados en las competencias SAE Aerodesign: West 2009 (Los Ángeles Cal), East 2009 (Atlanta GA), Brasil 2009, East 2010 (Dallas TX) colocando a la universidad y a Venezuela entre los mejores informes, permitiendo así alcanzar premios como: Mejor equipo internacional en Brasil 2009 y 2da mejor presentación en East 2010. Lo que demuestra el aporte realizado por esta investigación que se llevo a cabo tras un análisis exhaustivo de las variables que se manejan durante la competencia y la creación de una base de datos sobre las participaciones de equipos venezolanos y extranjeros permitiendo desarrollar los lineamientos aquí presentados. En conclusión el resultado de esta investigación permite brindar a los estudiantes de ingeniería de cualquier especialidad así como a sus orientadores o profesores, que deseen diseñar una aeronave un camino a seguir para alcanzar su objetivo de la manera más eficiente lo que se traduce en mejores proyectos un beneficio para el país y para los que sueñan con una industria aeronáutica en su país.

Palabras Claves: Desarrollo tecnológico, ciencia, tecnología, diseño, investigación científica.

1. INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la aeronáutica en una oportunidad alcanzó un estatus considerablemente alto a nivel de desarrollo e investigación, con miras a ser un país productor en el campo aeronáutico mundial. Con el paso del tiempo y posiblemente por causas políticas, sociales, económicas, el boom del petróleo, o quizás por todas ellas, el crecimiento de la industria aeronáutica en nuestro país se ha visto pasmada o hasta en decaimiento a tal punto que inclusive para las labores de mantenimiento cada día Venezuela se convierte mas en un país altamente dependiente de otros países y todo esto a pesar de que poseemos una de las fuerzas aéreas más antiguas del mundo lo cual nos obliga en cierta manera a tener un nivel de desarrollo en la industria aeronáutica, pero no es así, quizás todo esto se debe en gran medida a que no poseemos las infraestructuras ni los equipos necesarios para alcanzar el desarrollo, a pesar de que el equipo humano que tiene el país está dispuesto a trabajar aunque los que trabajan en investigación y diseño son muy pocos, pero con seguridad esas pocas personas poseen la capacidad necesaria y la disposición para hacerlo, pero al no poseer las instalaciones y menos aun los equipos se encuentran en una encrucijada que no parece tener otros caminos, de aquí surge la necesidad de tener una línea de investigación en materia aeronáutica y de fomentar el interés en esa materia con el fin de encaminar al país al desarrollo de la industria aeronáutica Venezolana.

En el país la aeronáutica basada en experiencias practicas es algo escasa, esto se debe en gran medida a que los trabajos en la aviación están limitados al mantenimiento de aeronaves, lo cual se basa esencialmente en seguir procedimientos establecidos para ello, han sido pocos los casos en que venezolanos han llegado a estar directamente involucrados en el diseño de aeronaves, una de las puertas hacia la tecnología de la industria aeronáutica son las competencias SAE Aerodesign, la cual involucra directamente a los estudiantes con el diseño de una aeronave incluyendo el proceso logístico que trae consigo, además de la inventiva, la creatividad, los enfrenta con la realidad de lo difícil que es completar con éxito un proyecto aeronáutico.

Muy a pesar de ser aviones pequeños, radio-controlados, que casi se pueden considerar aeromodelos, en el diseño de este tipo de aeronaves surge otro problema, que la información sobre teorías, métodos, ecuaciones y demás documentación necesaria, para realizar el informe técnico es escasa dado que algunas teorías están diseñadas para aviones de gran tamaño, lo cual las inhabilita de alguna manera para este de aviones de pequeña envergadura y baja velocidad.

Hay partes importantes en estos informes como los estudios de cargas estructurales, el cálculo de las superficies de control, cálculos aerodinámicos que han sido presentados con deficiencias en los informes anteriormente enviados a la competencia, eso reduce de la posibilidad de que Venezuela, así como la UNEFA, obtenga un triunfo en estos eventos lo cual le brindaría un nivel importante en el mundo dentro del universo del diseño de aeronaves así como la proyección de los estudiantes de esta casa de estudios en empresas de alto corte internacional además de fomentar el interés de productores e inversionistas del ramo aeronáutico en invertir en desarrollo e investigaciones realizadas por Venezolanos.

Debido a lo antes explicado el investigador se plantea las siguientes interrogantes:

¿Existe en la UNEFA lineamientos que establezcan los procedimientos a seguir para la elaboración del informe técnico para las competencias SAE Aerodesign?

¿Existe la suficiente información técnica sobre aeronaves radiocontroladas bajo las especificaciones de la competencia SAE Aerodesign para elaborar una base de datos que permita estimar el peso en vacio de este tipo de aeronaves?

Por lo cual esta investigación propone procedimientos para la elaboración de proyectos de diseño de aeronaves radio-controladas bajo las especificaciones exigidas por la sociedad de ingenieros automotrices SAE para la competencia “SAE Aerodesign”, en la clase regular.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Recolección e interpretación de datos

Sistema evaluativo: Las competencias SAE Aerodesign en todas sus modalidades están divididas en tres etapas las cuales son:

- Presentación del informe técnico.
- Presentación oral.
- Competencia de vuelos.
-

1.1.1 Presentación del informe técnico: En esta primera etapa los equipos tras haber culminado su proceso de inscripción tienen un margen de aproximadamente tres meses para el envío del informe técnico. El informe está regido por una serie de parámetros de forma definidos en el reglamento.

1.1.2 Parámetros de evaluación del informe técnicos: Los aspectos generales a evaluar por los jueces en el informe técnico son los siguientes [1,5,6,7,8,9]:

- **Aerodinámica:** Estudio aerodinámico del ala, empenaje y fuselaje.
- **Estabilidad y control:** Estabilidad y control, longitudinal, direccional y lateral con mando fijo con y sin potencia, estabilidad dinámica.
- **Desempeño:** Diagrama de ráfaga y maniobra, Actuaciones, Carrera de despegue y aterrizaje.
- **Estructuras:** Se evalúa el análisis estructural en general.
- **Proyecto:** Se evalúa el desarrollo del proyecto, la metodología, presentación, organización, análisis, procesos, es de forma general una evaluación de todo lo presentado en el proyecto.

Cada aspecto antes mencionado tiene un valor en la puntuación general el mismo puede variar a criterio de la competencia pero se ha conservado el mismo esquema a partir del 2007:

Proyecto: 40 puntos (30 + 10 de planos).
Estructuras: 35 puntos (30 + 5 de planos).
Aerodinámica: 30 puntos.
Desempeño: 30 puntos.
Estabilidad y control: 30 puntos.
Para un total de 165 puntos máximos que tiene de ponderación el informe técnico.

1.1.3 Tabla de resultados

Basado en los resultados presentados en las competencias del 2007 y 2008 e informes suministrados por distintos equipos al investigador se seleccionaron 10 equipos diferentes y se desarrollo una tabla (tabla 1) con los resultados obtenidos de cada uno de ellos en cada uno de los parámetros de evaluación establecidos en el reglamento. No se seleccionaron equipos que participaran en el 2006 ni anteriores debido a diferencias en el reglamento. A partir de la cual se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 2 (tabla 2).

Donde el límite superior se determinó como la sumatoria del promedio y la desviación estándar.

1.1.4 Gráficos de puntuaciones

Se tomaron las puntuaciones en cada reglón de la tabla 1 (tabla 1) y se generaron los siguientes gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6 (Figura 1, figura 2. figura 3, figura 4, figura 5, figura 6) para una mejor interpretación de los datos.

Tras analizar los resultados mostrados en la tabla 1 y la determinación del límite superior tal como se muestra en la tabla 2 se generaron los gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6. (Figura 1, figura 2, figura 3, figura 4, figura 5, figura 6). Donde se pudo estudiar el comportamiento de los equipos en lo referente a los informes técnicos presentados, así mismo se estudio cada punto de evaluación de la competencia así como el de la puntuación total y se encontró que ningún equipo perteneciente a la UNEFA supero el límite superior y solo dos de los diez que se seleccionaron para su estudio lo superan siendo los dos equipos pertenecientes a universidades brasileras.

Del estudio antes mencionado se logro determinar que los equipos de la UNEFA presentan mayor deficiencia en los puntos referentes a estabilidad y control y estructuras, mientras que en desempeño y en proyecto se muestran mejores resultados, basado en esto el investigador hará más detalle al momento de redactar estos dos puntos.

A partir del estudio realizado se seleccionaron para analizar en detalle con el fin de conocer su estructura los informes técnicos de los equipos que superaron el límite superior con el fin de obtener datos sobre los lineamientos, teorías, metodología, organización. Estos equipos son:

Car-Kara New
Ceu Azul

Basado en los gráficos mostrados anteriormente referentes a las puntuaciones obtenidas por los equipos en cada punto se pudo observar en la tabla 3 (tabla 3), que los equipos con mayor puntuación y que superan el límite superior son Ceu-Azul y Car-Kara 2008.

1.2 LA PROPUESTA

1.2.1 Estructura general de un proyecto SAE Aerodesign

Los proyectos SAE Aerodesign se estructuran de tal manera que una persona con conocimientos generales de aviación como por ejemplo un piloto o un inversionista sea capaz de interpretar lo que se muestra en el informe técnico. Para mostrar al lector se prepara un esquema de la estructura que se propone para la elaboración del informe (figura 7).

1.2.2 Organización del equipo

Un proyecto de ingeniería de cualquier índole comienza a partir del momento en el que se establece una necesidad, en el caso del diseño de una aeronave existen diversas necesidades, las cuales entre otras podrían ser: transporte de pasajeros, transporte de carga, acrobáticos, fumigación, vigilancia, combate, así como una gran infinidad de aplicaciones mas, para el caso particular de las competencias SAE Aerodesign la principal necesidad es la del transporte de carga.

En los proyectos SAE Aerodesign se ponen a prueba una infinidad de capacidades del equipo participante, la primera de ellas es la de conformar un equipo de trabajo pro-activo, con criterio, comunicación, velocidad de respuesta, con las responsabilidades, obligaciones, deberes y derechos de cada participante bien definidos, este el paso numero 1 de un buen proyecto. El requerimiento mínimo propuesto para el diagrama organizacional se muestra en la figura 8 (Figura 8). Es importante que la organización del equipo así como el diseño la planificación y la ejecución del proyecto se hagan usando metodologías como por ejemplo: Six Sigma que enfoca el desarrollo del proyecto bajo el esquema DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Validar),"Proyect Management Body of Knowledge" (PMBOK), que reúne las mejores prácticas y técnicas de los mejores profesionales del mundo en materia de gerencia de proyectos. Es conveniente el uso de las dos metodologías dado que Six Sigma es una metodología de ejecución y PMBoK es una metodología de soporte lo que las hace compatibles. También se propone el uso de herramientas como "Quality Function Deployment" (QFD) y "Failure Mode and Effects Analisys" (FMEA). La aplicación de lo antes mencionado es lo más apropiado para el desarrollo de proyectos donde el producto no ha sido estudiado siendo necesaria la creación del producto desde su forma conceptual.

1.2.3 Diseño conceptual

Para realizar esta etapa todos los miembros en conjunto deben participar de forma simultánea para poder definir claramente cuál será el nombre del proyecto, nombre del equipo y cuáles serán las

características básicas de cómo va a ser la aeronave, existen en la actualidad una gran variedad de configuraciones o tipos de aviones, tomando en cuenta la influencia de la forma y posición de los elementos de la aeronave en la estabilidad, actuaciones, aerodinámica, eficiencia estructural y ergonomía entre otros, a la par de la exigencias del reglamento de la competencia en cuanto a las restricciones geométricas. El diseño conceptual consta de tres etapas, que son: Especificaciones de la misión, realización de boceto general, estimación del peso en vacio y carga de pago y las especificaciones generales de la aeronave. En el diseño conceptual también se debe definir la especificación de la misión del proyecto la cual estará basada en el reglamento vigente pero que hasta la presente fecha siempre ha sido diseñar una aeronave capaz de levantar la mayor cantidad de peso posible con el mínimo peso estructural. También se debe llegar a uno o más bocetos que permitan al equipo comenzar con el diseño preliminar. Tomando en consideración factores como peso en vacio, carga de pago, peso máximo de despegue, carrera de despegue, sector de despegue, motor, además de la forma geométrica base de la aeronave tomando en cuenta la posible ubicación de los componentes esenciales. Esta etapa debería concluir con las especificaciones de la aeronave. Para este proceso se diseño una tabla (Tabla 4) que contempla tales características.

1.2.4 Diseño preliminar

Tal como se describe, un diseño preliminar es la primera etapa de validación del diseño conceptual, en el caso de los informes de las competencias SAE Aerodesign es importante que se refleje un diseño preliminar, con el fin de dar por sentado las bases para el futuro diseño detallado y construcción de la aeronave. Esta etapa comienza con el proceso de selección del perfil de ala, la determinación geométrica en planta del o las alas, la estimación de peso en vacio, la estimación de carga útil, la definición del fuselaje y la bahía de carga y la primera estimación del empenaje. Para los proyectos Aerodesign los más funcionales son los de alto coeficiente de sustentación máximo, pendiente de curva de sustentación máxima y la máxima relación Cl/Cd dado que la misión del proyecto es obtener alas con el más alto rendimiento aerodinámico para aprovechar al máximo la limitada geometría que poseen dada las restricciones de la competencia, así como también al aprovechar al máximo esta situación se pueden fabricar alas más pequeñas y con gran capacidad de sustentar, otro factor relevante en la selección del perfil es su desempeño a baja velocidad ya que estos aviones tienen limitada su carrera de despegue. En el diseño preliminar del ala se establece la forma en planta de la misma, para llegar a este punto se debe conocer la superficie alar la cual se obtiene a partir de la ecuación general de la sustentación. Ya establecida la superficie alar se puede proceder a determinar los demás datos como [2,10]:

- Envergadura.
- Coeficiente de Sustentación a partir del coeficiente del perfil.
- Alargamiento.
- Estrechamiento(s) si lo(s) tiene.
- Enflechamiento(s) si lo(s) tiene.
- Cuerda en el tip.
- Cuerda en el encastre.
- Forma en planta.

El fuselaje es el elemento del avión encargado de llevar en su interior la bahía de carga la cual como se establece en el reglamento de la competencia tiene unas dimensiones especificas, el mismo debe ser capaz de soportar las cargas producidas por el peso de la bahía de carga, así como, las fuerzas producidas el motor, el ala durante el vuelo y el empenaje, así como también los impactos contra el suelo al momento del aterrizaje. En el marco del diseño preliminar del fuselaje se encuentra un punto de gran relevancia tal como lo es la ubicación del motor, el motor es prácticamente el objeto más pesado del avión, claro, sin contar la bahía de carga, su peso es de alrededor de 750 gr si se usa un motor **OS .61 fx** y aproximadamente unos 80 gr menos si se usa el otro motor permitido **K&B .61 RC/ABC,** si tomamos en cuenta que el peso en vacio de un avión para esta competencia está en el orden de los 3 kg el motor representa aproximadamente un 25 % de dicho peso, su posición es fundamental para definir claramente la ubicación del centro de gravedad del avión. De la misma

manera al realizar el proceso del diseño preliminar del fuselaje se debe tener en cuenta la ubicación de los sistemas necesarios para la operación del avión tal como lo son: Receptor, Batería (s), Servos, Tanque de combustible, y otros sistemas que puedan surgir a criterio del equipo que esté realizando el diseño de la aeronave. El centro de gravedad debe ser un parámetro clave en el diseño ya que de su correcta ubicación depende el comportamiento en vuelo de la aeronave así como de evitar la necesidad de agregar peso extra para realizar el peso y balance correctamente. La bahía de carga debe estar ubicada considerando lo antes mencionado tal como se establece en el reglamento. La o las alas son de extrema importancia desde el punto de vista de su ubicación ya que el centro de gravedad debe corresponder con el centro aerodinámico para que el avión pueda volar de forma segura y estable. El empenaje se debe diseñar tomando en consideración la misión de la aeronave así como su factibilidad de construcción tomando en cuenta que las aeronaves SAE suelen generar gran momento aerodinámico por sus perfiles de alta sustentación además de que son aviones de baja velocidad lo cual exige una gran eficiencia de las superficies estabilizadoras. El análisis aerodinámico es el proceso esencial del diseño de la aeronave ya que de él depende en gran medida la determinación de las características esenciales del avión, como lo son el coeficiente de sustentación del ala, coeficiente de arrastre, curvas polares, efecto del fuselaje, y básicamente es la etapa donde se determinara si la configuración adoptada para el avión es la apropiada de acuerdo al peso total que se estima levantar. Al realizar este proceso se recomienda la aplicación de métodos, teórico, computacional y experimental, con el fin de llegar al punto donde convergen los resultados y tener una apreciación más precisa de los mismos reduciendo en gran medida los errores producidos por cada método. La hélice es el elemento encargado de generar el empuje del avión lo cual le brinda un carácter de importancia en el diseño y más aun si se toma en consideración que existe la limitante del uso de un único motor a seleccionar entre el OS 61 Fx, fabricado por OS engines y el K&B .61 fabricado por K&B engines, el motor seleccionado no se puede alterar de ninguna manera dejando así la variable a trabajar en materia del empuje sea la hélice. Para la selección de la hélice se debe considerar la relación existente entre el paso y el diámetro, la potencia y el torque, todo en función de las RPM del motor, la selección de la hélice se puede realizar a través del software PROPELLER SELECTOR y JAVA PROP, se puede hacer un estudio computacional, también es conveniente realizar un estudio experimental haciendo pruebas a el motor con distintas hélices y el apoyo de un túnel de viento. Tras finalizar el estudio aerodinámico en el informe técnico se debe plantear de forma clara y resumida lo siguiente:

Teorías y criterios utilizados para el estudio aerodinámico.
Análisis de los resultados obtenidos en el estudio.
Comparaciones entre los resultados teóricos y experimentales si los hay.
Tablas con los coeficientes característicos del avión y de sus elementos.
Curvas polares del avión.

Estabilidad y control: Este estudio se realiza con la finalidad de determinar el comportamiento del avión ante una perturbación de cualquier índole así como de establecer su capacidad de volver al punto en el que se encontraba antes de la perturbación, primero se estudia la estabilidad considerando que sus superficies de control estén fijas (mando fijo), no se realiza el estudio considerando que las superficies estén libres (mando libre), de una forma resumida el análisis de equilibrio busca establecer la configuración de las superficies de sustentación y de control para vuelo horizontal usando las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos. Se busca definir para una velocidad dada, con momento resultante cero en torno al centro de gravedad del avión a través de este análisis se determina las cargas que el estabilizador horizontal debe desarrollar en diferentes condiciones de vuelo. Control Lateral: Esta sección consiste en el dimensionamiento de los alerones a partir de la variación del coeficiente de estabilidad estática lateral. Longitudinal: Esta sección consiste en el dimensionamiento del elevador a partir del análisis de la variación del coeficiente de momento longitudinal. Direccional: Esta sección consiste en el dimensionamiento de la superficie de control “rudder” a partir del estudio de la variación del coeficiente de momento de guiñada. Un estudio de la respuesta dinámica del avión los momentos de inercia son esenciales, un problema frecuente es que en las etapas del diseño conceptual del diseño no se tienen la suficiente información para el cálculo de la inercia Ix, Iy, e Iz, de tal forma que una manera de estimar estos valores es muy útil [1].

Desempeño: El punto de partida para el análisis son las curvas de potencia considerando el avión en vuelo horizontal, a velocidad constante.

-potencia disponible para vuelo, se genera a partir de las curvas del motor y de las curvas de la hélice.

-Potencia necesaria en vuelo, se genera a partir de las características de resistencia aerodinámica del avión y de las curvas polares.

Ambas dependientes de la altitud de vuelo de la aeronave, el cálculo de la carrera de despegue es importante sobre todo al considerar que el despegue está limitado a 61 m y que el hacerlo antes de los 31,5 m implica una bonificación en la puntuación [7].

.

Análisis estructural: En el estudio estructural se debe considerar todas las decisiones adoptadas por el equipo en lo referente al proyecto, tal como lo son:

Selección de materiales.
Geometría de la estructura.
Factibilidad de construcción.
Resistencia.
Peso.

Estos son los parámetros claves en la realización del proyecto estructural.

Se debe realizar el cálculo de las distintas velocidades de maniobra para ello se recomienda el uso de las normas CS-VLA (Very Light Aeroplens). Tras determinar las distintas velocidades de maniobra del avión se debe generar el diagrama de ráfaga y maniobra o Diagrama V-n. A partir del software Xflr5 entre otros se puede obtener la distribución de carga aerodinámica tanto de resistencia como de sustentación así como para el ala y el empenaje, con los cuales se pueden generan los diagramas de esfuerzo cortante, momento flector y torsor los cuales se calculan a partir de la velocidad de nunca exceder y con el peso máximo de despegue. En el diseño estructural deben presentar conceptos, las decisiones, se debe representar las consideraciones de la misión del avión así como de las necesidades y los criterios de seguridad evitando exagerar lo cual contribuiría a un peso en vacio más alto de lo necesario. Es importante presentar un resumen del estudio sobre las cargas del tren, diseño de la rueda, diseño del tren de nariz, diseño del tren principal, criterios usados, decisiones adoptadas.

Diseño detallado: En este punto se debe presentar los estudios experimentales realizados por el equipo de haberlos hecho, detalles estructurales más importantes, ensayos prácticos realizados sobre el modelo de prueba del avión (en caso de existir un modelo de prueba), estudio detallado sobre criterios innovadores que el equipo haya adoptado en la realización del proyecto como pueden ser desarrollo de nuevos materiales, diseño de una nueva hélice, diseño del tren de nariz, optimización del ala, entre otros.

Resultados: Los resultados presentados en el informe se deben exponer en tablas especificando a que corresponden, se debe evitar la extensa presentación de formulas y cálculos, se debe presentar es un resumen explicando las teorías utilizadas, las decisiones tomadas y el análisis de los resultados.

2. Ecuaciones, figuras y tablas

Tabla 1. Resultados. (Fuente: Resultados SAE Brasil Aerodesign 2008).

Equipo	Puntuación					
	Aerodinámica	Estabilidad	Desempeño	Estructuras	Proyecto	Total
Car-Kara						
New	16,35	12,72	13,7	22,72	23,9	89,38
Tupan	14,34	4,42	15,5	13,39	26,94	74,57
Ceu-Azul	21,31	23	26,5	20,08	33,41	124,29
Oraccuz	16,03	4	17	11,06	13,65	61,74
Orinokia II	14,85	9,95	15,5	15,48	16,16	71,94
Car-Kara						
New 2008	19,41	10,08	26,5	25,22	19,6	100,81
Aerotech	8,97	12,65	23	11,08	19,6	75,3
Reg52	15,74	8,77	20,5	6,85	13,96	65,81
Cari I	11,62	6,35	13,8	14,63	20,16	66,56
Cari II	14,76	9,59	23,5	11,09	13,48	72,42
Idea	17,79	10,3	14,5	19,67	22,32	84,58

Tabla 2 Cálculo del límite superior (Fuente: El autor).

Desviación Estándar (σ)	3,40	5,15	5,05	5,69	6,18	18,41
Promedio (x)	15,56	10,17	19,09	15,57	20,29	80,67
Límite superior (x+σ)	18,96	15,32	24,14	21,26	26,47	99,08

Tabla 3. Equipos que superan el límite superior. (Fuente: El autor).

Equipo	Puntuación					
	Aerodinámica	Estabilidad	Desempeño	Estructuras	Proyecto	Total
Ceu-Azul	21,31	23	26,5	20,08	33,41	124,29
Car-Kara New 2008	19,41	10,08	26,5	25,22	19,6	100,81

Tabla 4. Especificaciones. (Fuente: El Autor).

CARACTERISTICAS CONCEPTUALES DE LA AERONAVE		
Misión	Diseño de una aeronave de bajo peso capaz de levantar la carga predicha	
Configuración de la aeronave		**Basado en:**
Tren de aterrizaje	Tricíclo	DATOS DE LA AERONAVE RECOLECTADOS PREVIOS A SAE AERODESING
Empenaje	Convencional	
Forma en planta	Rectangular-Trapezoidal	
Taper ratio 1	1	
Taper ratio 2	0.7	
Lht (Tail-Wing)	2.25 x Co	
Envergadura rectangular	40 % Total envergadura	
Velocidad min. de despegue	10.5 m/s	
Alargamiento	6.5	REFERENCE [1]
Envergadura	2.50 m	SAE AERODESIGN USA LIMITACIONES SEGUN LAS REGLAS
Longitud de fuselaje	1.42 m	
Altura	0.52 m	
Dist. De despegue (max)	61 m	
Dist. Aterrizaje (max)	122 m	
Densidad del aire	1.2 Kg/m3	VAN NUYS CALIFORNIA ALTITUD (ISA)

Figura 1. Puntuación Total. (Fuente: El autor).

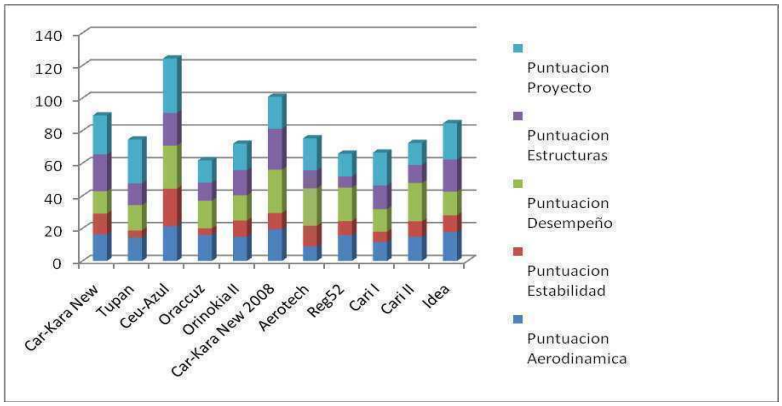


Figura 2. Aerodinámica. (Fuente: El autor)

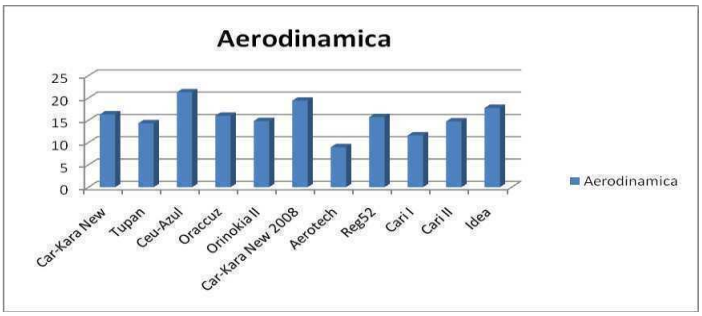


Figura 3. Desempeño. (Fuente: El autor).

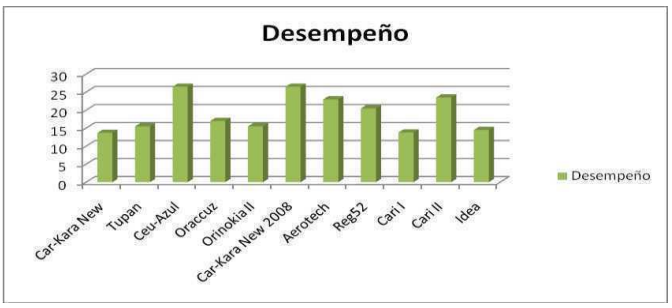


Figura 4. Estabilidad. (Fuente: El autor).

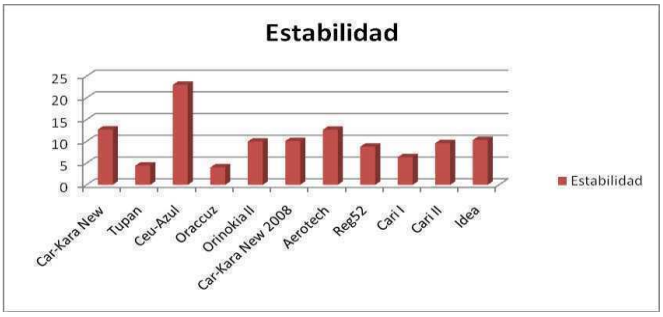


Figura 5. Proyecto. (Fuente: El autor).

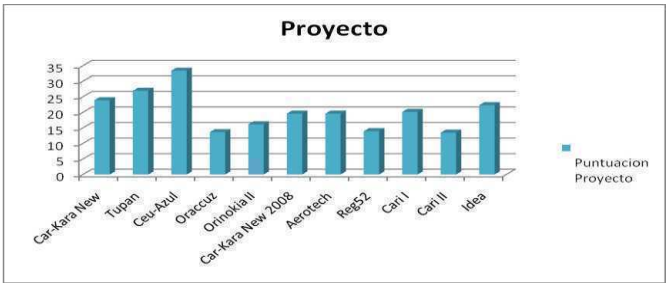


Figura 6. Estructuras. (Fuente: El autor).

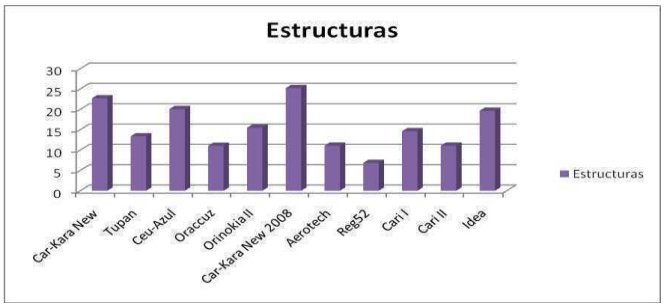


Figura 7. Estructura del informe técnico. (Fuente: el autor).

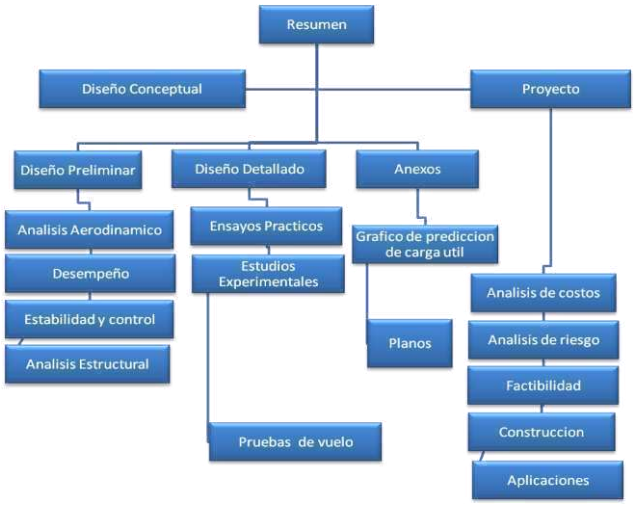


Figura 8: Diagrama Organizacional. (Fuente: El Autor).

3. CONCLUSIONES

El presente trabajo constituye un aporte a los estudiantes del departamento de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada, en el marco de su desarrollo dentro de la ciencia y tecnología en materia de ingeniería aeronáutica en Venezuela. Con respecto a la metodología empleada en esta investigación se concluye lo siguiente:

- Los lineamientos que se proponen en este trabajo son el producto de un análisis comparativo entre los informes técnicos estudiados y su puntuación obtenida, así como también de un análisis de la bibliografía disponible en lo referente al proceso de ejecución de un proyecto aeronáutico desde su fase inicial hasta la etapa final la cual la constituye la entrega del producto.
- Los lineamientos se establecieron bajo el criterio de que los mismos sean una herramienta básica para que futuros equipos se sirvan de esta propuesta durante la elaboración de sus informes evitando en todo momento la creación de un paradigma respecto a una forma de llevar el proceso del diseño de una aeronave y dejando espacio para la creatividad, el ingenio y la inventiva que puedan desarrollar los equipos en un futuro ya que la propuesta se planteo de forma tal que el lector pueda determinar cuáles son las respuestas que debe dar en su diseño y en forma general donde puede encontrar las respuestas a las incógnitas que se le presente durante el desarrollo del proyecto esto con el fin de incentivar la investigación teórica y experimental en el área.
- Tras el análisis exhaustivo de las fallas en los informes técnicos presentados por equipos venezolanos en las competencias SAE Aerodesign desde el 2005 hasta la fecha, así como el análisis de informes técnicos de equipos extranjeros y haber investigado sobre las bibliografías disponibles se presento un informe técnico en la competencia SAE Aerodesign West 2009 siguiendo los lineamientos expresados en este trabajo, concluyéndose lo siguiente:
- La elaboración de una base de datos para graficar la relación de carga de pago y peso total de aeronaves semejantes a las desarrolladas en esta competencia constituye uno de los aportes más importantes ya que durante la investigación se observo que ninguno de los equipos analizados ha presentado un estudio similar

RECOMENDACIONES

Las futuras competencias SAE Aerodesign con seguridad estarán cambiando continuamente con el fin de crear nuevos retos para los participantes e incentivar el desarrollo y la optimización de los procesos, entonces se recomienda que los equipos se nutran bibliográficamente de nuevos métodos de cálculo, nuevas filosofías en el desarrollo y gerencia de proyectos de aeronaves, para así adaptar estos lineamientos a los futuros cambios y permitir su durabilidad en el tiempo.

4. REFERENCIAS

1. **DA ROSA, E** (2006), INTRODUCAO AO PROJECTO AERONÁUTICO. BRASIL; EDITORIAL TRIBO DA LLHA.
2. **RAYMER, D**. (1981). AIRCRAFT DESIGN: A CONCEPTUAL APPROACH. OHIO: AIAA EDUCATION SERIES.
3. **ROSKAM, J.** (1997). AIRPLANE AERODYNAMICS & PERFORMANCE. KANSAS: DARCORPORATION..
4. **ESCUELA AERONÁUTICA** (2003), TECNOLOGÍA, PERFILES AERODINÁMICOS, TREN DE ATERRIZAJE [DOCUMENTO EN LÍNEA]. DISPONIBLE: WWW.ONI.ESCUELAS.EDU.AR [CONSULTA:2007, FEBRERO 20]
5. **REGLAMENTO IX COMPETICIÓN SAE AERODESIGN BRASIL**, ENERO 15, 2007
6. **REGLAMENTO X COMPETICIÓN SAE AERODESIGN BRASIL**, ENERO 14, 2008
7. **REGLAMENTO XI COMPETICIÓN SAE AERODESIGN BRASIL**, ENERO 12, 2009
8. **2009 SAE AERODESIGN RULES**, MARZO 18, 2008
9. **2008 SAE AERODESIGN RULES**, MARZO 14, 2007
10. **JENKINSON R.LL**..; MARCHMAN III F. J. (2003). AIRCRAFT DESIGN PROJECTS FOR ENGINEERING STUDENTS. OXFORD. BUTTERWORTH-HEINEMANN.

Agradecimientos

El autor agradece de manera muy especial al departamento de Ingenieria Aeronautica de la UNEFA por su interés permanente en formar ingenieros con excelencia, al Prof. Nelson Diaz por su apoyo y base científica, al Prof. Angel Malaguera y a el Cnel. Rafael Martinez (Chamolon) quien su conocimiento técnico en materia de aeromodelismo a sido un pilar para el desarrollo de proyectos Aerodesign en Venezuela.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

LA COMPETENCIA AERODESIGNVENEZUELA COMO UN APORTE AL MEJORAMIENTO EN LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA INGENIERÍA EN VENEZUELA

Autor: Ing. Donald López. Ing. Nelson Díaz [(1)], Ing. Ángel Malaguera [(2)].

Universidad Nacional Experimental politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana. "UNEFA".

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

PROTOTIPADO VIRTUAL DE UN DISPOSITIVO MECATRÓNICO PARA APLICAR CARGAS DINÁMICAS SOBRE ARMADURAS DIDÁCTICAS BIDIMENSIONALES

Gutiérrez, Yulieth[1]; Huertas, Daniel[2]; Bohórquez, Nathaly [3]; Narváez, Carlos[4].

Universidad Santo Tomas, Ingeniería Mecánica
Carrera 9 # 51-11. Bogotá, Colombia.

[1] yuliethgutierrez@usantotomas.edu.co
[2] danielhuertas@usantotomas.edu.co
[3] angeebohorquez@usantotomas.edu.co
[4] carlosnarvaez@usantotomas.edu.co

.

RESUMEN.

El semillero MECAOD de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás diseñó y fabricó un equipo didáctico, tipo mechanical breadboard [1], el cual permite a estudiantes y profesores de estática y mecánica de materiales, ensamblar una armadura bidimensional, someterla a carga y validar los resultados de los métodos de análisis por nudos y secciones. Actualmente la aplicación de carga sobre las armaduras se realiza mediante un sistema de pesas que se ensambla a un único nudo, lo cual limita el uso del equipo didáctico impidiendo analizar cómo varían las fuerzas internas en los elementos estructurales cuando la carga cambia de posición, como en el caso de un vehículo cruzando un puente. El objetivo de este trabajo es presentar el prototipado virtual de un dispositivo mecatrónico que permita variar la posición de la carga sobre la armadura, de tal manera que sea posible analizar experimentalmente la variación de las fuerzas internas en los componentes estructurales. La metodología empleada para el diseño mecánico del dispositivo involucró varias de las técnicas propuestas por Ullman [2], las cuales fueron asistidas con software CAD/CAE. El prototipo virtual obtenido permitió evaluar el desempeño del dispositivo antes de su manufactura, disminuyendo los reprocesos por errores de diseño.

Palabras Claves: Armadura, mechanical breadboard, dispositivo de carga, simulación, prototipo virtual.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los sistemas y la computación ha sido una herramienta invaluable que le ha brindado al ingeniero moderno las herramientas necesarias para lograr una optimización y aprovechamiento de cada parámetro y recurso de su diseño. Una de estas herramientas, ampliamente utilizada actualmente es el prototipado virtual, consistente en la simulación por computadora de cada uno de los pasos que el ingeniero debe tener en cuenta a la hora de diseñar cualquier producto. Es una práctica útil, ya que brinda al diseñador la posibilidad de tener en sus manos un objeto virtualmente terminado y modificarlo a su antojo [9].

El prototipado virtual tiene varias ventajas: en primer lugar, permite analizar cualquier variable o requerimiento de diseño del producto, pudiendo interactuar libremente con cada uno de estos parámetros. Esto es, poder modificarlo a su antojo y con un solo clic antes de que sea manufacturado, pudiendo detectar y corregir a tiempo cualquier conflicto, irregularidad o insatisfacción por parte del cliente. Otra gran ventaja es el poder simular completamente condiciones de funcionamiento real en un mundo virtual [10].

La meta principal del semillero MECAOD de la Universidad Santo Tomás fue el prototipado virtual de un dispositivo mecatrónico que permitiera aplicar cargas estáticas y dinámicas sobre los nudos de una armadura bidimensional didáctica. El diseño del dispositivo fue asistido con el software Inventor y el comportamiento en el tiempo de los eslabones de la armadura fue simulado con el software ANSYS, desarrollando una aplicación APDL.. A continuación se mostrara el desarrollo de la metodología, el procedimiento realizado para llegar al diseño final del dispositivo de carga y finalmente los resultados y conclusiones respectivas a lo trabajado a lo largo del proyecto.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se siguió la metodología de diseño mecánico propuesta por Ullman [2], ejecutando las siguientes fases:

2.1 Desarrollo de Especificaciones y Planeación

En la primera fase se enfatizó en la necesidad del dispositivo mecatrónico, presentando las diferentes posibilidades para realizar el diseño optimo de éste. Para ello, se realizaron las siguientes actividades:

2.1.1 Identificación de los requerimientos funcionales: Estos se obtuvieron a partir de las necesidades de la armadura didáctica que había sido diseñada y fabricada anteriormente.

2.1.2 Despliegue de la función calidad (QFD) para el dispositivo de carga: Se procedió a clasificar los requerimientos entre fijos y deseables, se asignó su importancia relativa, se definieron los parámetros de ingeniería y se determinó la relación entre estos.

2.1.3 Definición de objetivos de diseño: Con base en los resultados obtenidos en el QFD, se definieron los objetivos para cada parámetro de ingeniería.

2.2 Diseño Conceptual

En la segunda fase se desarrollaron conceptos e ideas que dieron posibles soluciones al problema, se discutió el funcionamiento del equipo y cuál seria su apariencia. Las actividades realizadas en esta fase fueron las siguientes:

2.2.1 Generación de alternativas de solución: Se emplearon técnicas de “Brainstorming” que permitieron la generación de ideas para desarrollar el dispositivo de carga.

2.2.2 Evaluación de Alternativas: Todas las posibles soluciones al problema de diseño fueron evaluadas mediante juicios de factibilidad, filtros pasa-no pasa y matrices de decisión basadas en los objetivos de diseño. De esta manera se pudo identificar la mejor solución factible al problema de diseño.

2.3 Diseño Detallado

En la tercera fase, que es la que más tiempo consumió, se inició a partir de la alternativa de diseño más factible y se desarrolló todo un proceso iterativo de simulación, evaluación y prototipado

virtual que culminó con un diseño detallado listo para su manufactura. Esta fase contempló las siguientes actividades:

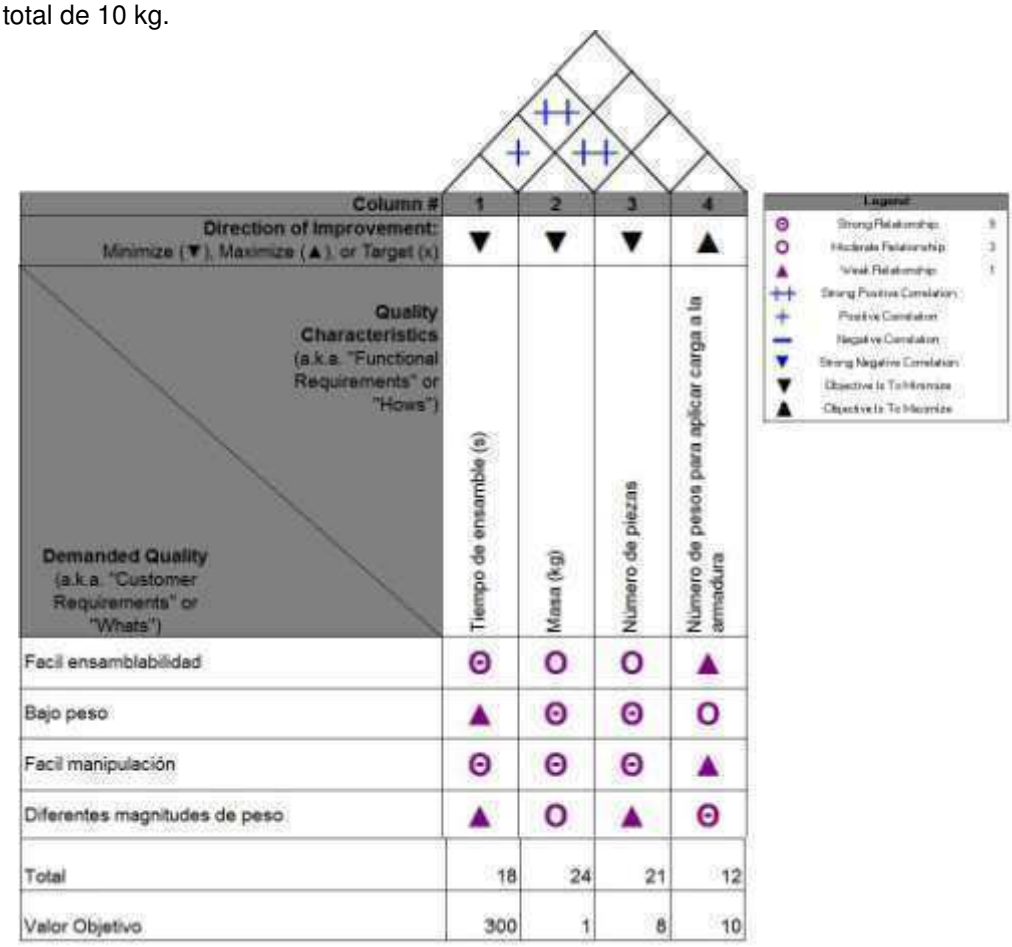
2.3.1 Análisis estructural de esfuerzos y deformaciones que soportan los componentes del dispositivo de carga en un software de elementos finitos: Está actividad se desarrolló empleando las herramientas de análisis estructural del software ANSYS [7].

2.3.2 Dimensionamiento y detallado de las geometrías y superficies de cada uno de los componentes del dispositivo de acuerdo a los resultados de los análisis dinámico y estático: Para esta actividad, se emplearon las herramientas de modelado paramétrico del software INVENTOR [6].

3. RESULTADOS

3.1. Desarrollo de especificaciones:

La figura 1 ilustra el QFD obtenido luego del desarrollo de especificaciones del diseño: Se definieron como parámetros de diseño un tiempo de ensamble del dispositivo a la armadura didáctica de 300 segundos, una masa total del dispositivo de 1 kg, un máximo de ocho piezas para su conformación estructural y la capacidad de poder desplazar hasta 10 pesas de 1 kg, para una masa total de 10 kg.



Column #	1	2	3	4
Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	▼	▼	▼	▲
Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats") / Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Tiempo de ensamble (s)	Masa (kg)	Número de piezas	Número de pesos para aplicar carga a la armadura
Facil ensamblabilidad	⊖	O	O	▲
Bajo peso	▲	⊖	⊖	O
Facil manipulación	⊖	⊖	⊖	▲
Diferentes magnitudes de peso	▲	O	▲	⊖
Total	18	24	21	12
Valor Objetivo	300	1	8	10

Figura 1. QFD del Dispositivo de carga

3.2. Diseño Conceptual

A partir del "Brainstorming", se generaron cuatro conceptos para el dispositivo, los cuales se resumen a continuación:

3.2.1 Banda transportadora: Este concepto parte de la idea de transportar la carga sobre la

estructura deseada de la misma manera en la que funcionan las bandas transportadoras de los supermercados. Esta configuración fue descartada por que posee dos grandes desventajas: la primera es que es muy difícil controlar el deslizamiento de los rodillos con respecto a la banda en un tamaño tan pequeño por lo cual no asegura un movimiento preciso, la segunda es que no podría usarse en un montaje donde el dispositivo se encuentre inclinado, pues lo mas posible es que la carga se ruede o caiga.

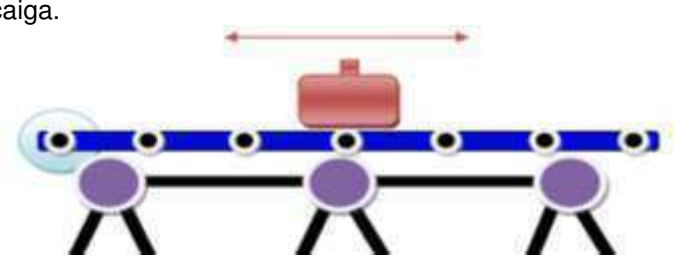


Figura 3: Sistema de banda transportadora

3.2.2 Tornillo de potencia: La propuesta consiste en mover la carga sobre la parte superior de la estructura, empleando para ello un tornillo de potencia que estaría acoplado directamente a un motor de paso. La desventaja de este sistema es la manufactura de los elementos a medida con complejidad de rosca, así como la necesidad de obtener tolerancias estrechas para su buen funcionamiento.

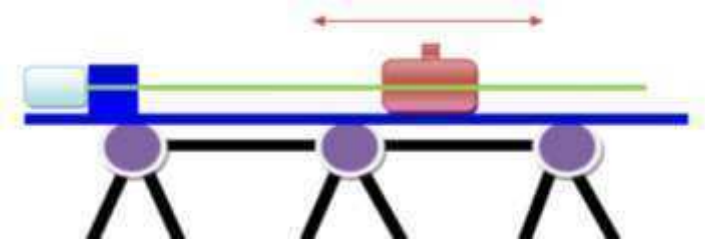


Figura 4: Sistema de tornillo de potencia

3.2.3 Cremallera: El sistema de cremallera consiste en mover la misma carga de la misma manera lineal sobre la estructura pero fijando el motor al carro que transporta la carga, fijarle un engranaje en el eje del motor que engrane con una cremallera a lo largo de la distancia. La mayor desventaja de este sistema es el alto costo de su fabricación y la gran tendencia al daño por desgaste de los dientes.

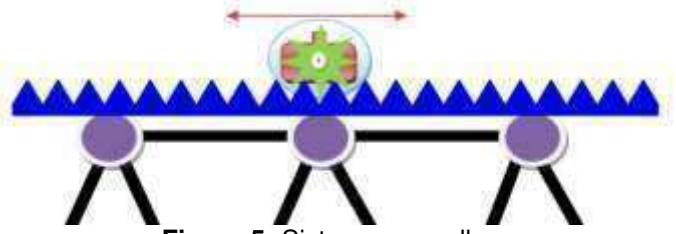


Figura 5: Sistema cremallera

3.2.4 Sistema de Poleas: Por poleas el sistema propuesto movería la carga (el carro rojo) por medio de una guía o riel a lo largo la estructura, movido por un sistema de cuerdas y poleas controlado por el motor. La desventaja de este sistema es principalmente el montaje por cada una de las diferentes estructuras el cual deberá montarse una configuración de poleas única para cada uno lo cual significaría un número de poleas diferente y largos de cuerda únicos.

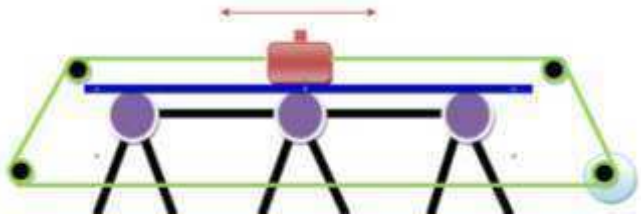


Figura 6: Sistema de Poleas

De los cuatro modelos propuestos el seleccionado fue el sistema de tornillo de potencia, ya que presenta ventajas importantes con respecto a los otros. Una de esas ventajas se basa en el lugar donde se monta el motor, dependiendo de la posición del motor existe una fuerza que afecta la aplicación del dispositivo en la estructura, es por esto que se aseguro que el peso del dispositivo se encontrara centrada, mientras que en las otras tres configuraciones era mas complicado asegurar esta misma condición, ya que el montaje del eje del motor debe ser paralelo al eje de dirección del movimiento, por lo cual el centroide del motor no se encontraría ni cerca del plano donde se encuentra la estructura generando esfuerzos no deseados en planos no calculados, mientras el tornillo asegura que todos sus elementos se encuentren en el mismo plano donde se encuentra armada la estructura bidimensional.

3.3. Cálculo Detallado del Tornillo de Potencia

De acuerdo a los principios cinéticos, se sabe que para lograr una velocidad constante suministrada por el motor hacia el objeto móvil, primero se tiene un intervalo de tiempo en el que se parte del reposo hasta alcanzar la velocidad deseada. Esto significa que en dicho intervalo existe una aceleración, la cual se puede encontrar fácilmente con los datos técnicos del motor y por medio de un diagrama de cuerpo libre (DCL) del objeto a trasladar.

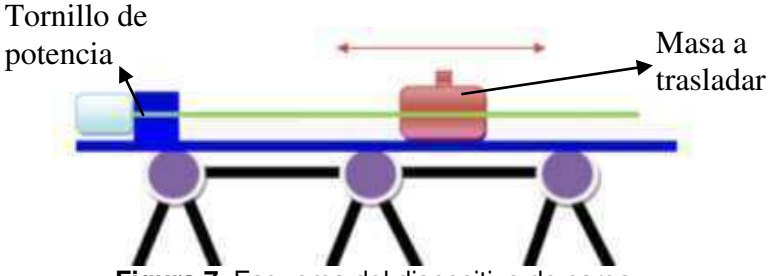


Figura 7. Esquema del dispositivo de carga

De acuerdo al movimiento que realiza el objeto solo se permite en el eje +X y debido a la restricción que crea la base, la aceleración solo existe en la dirección horizontal. Como se observa en la figura 5, se supone que toda la masa del elemento se concentra en su centro de gravedad y por consiguiente la normal actúa en sentido contrario, pero de igual magnitud, al peso de objeto móvil. En cuanto a la fuerza del tornillo se debe tener en cuenta que en la transmisión de movimiento entre el motor y el tornillo existen pérdidas considerables debido a la transmisión mecánica, por lo que es importante encontrar la eficiencia del tornillo.

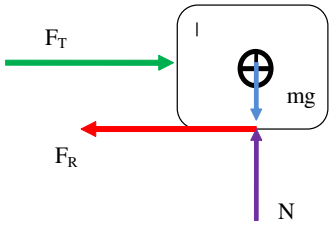


Figura 8. Diagrama de cuerpo libre (DCL) de la masa del dispositivo de carga que sostiene las pesas.

Realizando la sumatoria de fuerzas de la masa en dirección x se obtiene la siguiente expresión:

$$\sum F_x = F_T - F_R = m \cdot a_x \qquad (1)$$

Recordando que la fuerza de fricción depende directamente con el coeficiente de fricción y del peso del elemento a trasladar.

$$F_T - \mu \cdot W = m \cdot a_x \qquad (2)$$

Con esta expresión se puede determinar la fuerza necesaria para fabricar el tornillo, y por consiguiente la que debe realizar el motor, con el fin de producir cierta aceleración. También se puede predecir aproximadamente cuál será la fuerza necesaria y la aceleración que tendrá cierta magnitud de peso (W). Para la selección del coeficiente de fricción se remitió al libro de Ashby [3], con el cual se pudo determinar qué material era el más adecuado para obtener la menor perdida de energía por efecto de la fuerza de fricción.

Tabla 1. Variables para la fabricación del tornillo de potencia del dispositivo de carga

Variable	Unidades	Valor
Diámetro medio (dm)	mm	7,5
Diámetro del tornillo (d)	mm	10
Angulo de avance λ	°	12
Angulo de rosca α	°	15
Diámetro medio de la tuerca (dc)	mm	14

Para encontrar la fuerza que realiza el tornillo, se debe hallar el torque mínimo que logra mover un peso específico. La expresión es como sigue:

$$T_{su} = \frac{W d_m}{2} \frac{\mu \cos\lambda + \cos\alpha_n \sin\lambda}{\cos\alpha_n \cos\lambda - \mu \sin\lambda} \qquad (3)$$

Donde T_{su} es el torque requerido para mover la masa, W el peso de la masa a mover, dm el diámetro medio del tornillo de potencia, μ el coeficiente de fricción y siendo α y λ el ángulo de la rosca y de avance respectivamente. A partir de los datos básicos del tornillo (observar Tabla N.)

$$e = \frac{WL}{2\pi T_{su}} \qquad (4)$$

Con el torque mínimo obtenido y el avance hallado con los datos iniciales (Tabla 1.), se puede determinar la eficiencia del tornillo, así:

$$F_T = e \cdot \frac{T_{su}}{r_M} \qquad (5)$$

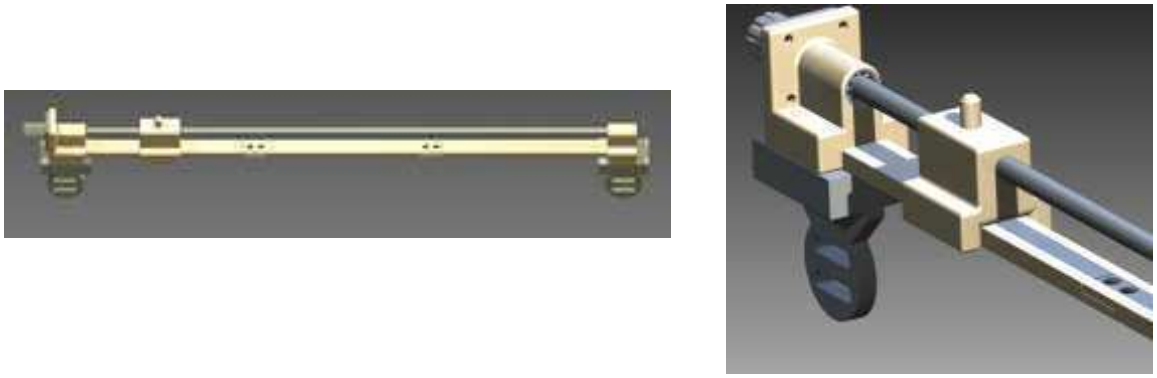
Donde FT es la fuerza que realiza el tornillo, rM el radio del eje del motor que impulsa el tornillo, Tsu el torque mínimo para mover un peso especifico y e la eficiencia del tornillo en cuestión.

$$\mu \geq \cos\alpha_n \tan\lambda \qquad (6)$$

Luego de hallar la fuerza FT total, es necesario tener en cuenta para el diseño del tornillo, que este no debe ser auto bloqueante, puesto que es necesario que el elemento gire en ambas direcciones, ya sea para desplazar la masa de derecha a izquierda o viceversa. Por tal motivo es importante tener cuidado tanto en la elección de estos términos como en la del material de los elementos de fabricación del sistema masa- base del dispositivo de carga, que se encuentran en contacto.

3.4 Modelado paramétrico del dispositivo

Se utilizaron las herramientas de diseño paramétrico de Inventor para realizar el prototipo virtual de las piezas y así descubrir posibles errores de ensamble, principalmente interferencias entre componentes y tamaños inadecuados en los asientos de los rodamientos disponibles en el mercado colombiano. La figura 9 ilustra el ensamble tridimensional del dispositivo.



(a) (b)

Figura 9. Ensamble tridimensional del dispositivo de carga. (a) Vista general (b) Vista detallada del acople al motor de paso

3.4 Simulación Dinámica en ANSYS

Para realizar la simulación dinámica del comportamiento de la estructura a medida que la carga es desplazada por el dispositivo de carga a una velocidad determinada, se creó un macro empleando el lenguaje APDL para el software ANSYS. La figura 9 ilustra el diagrama de flujo del macro, con el cual es posible definir paramétricamente una estructura tipo Warren a partir de su altura, su distancia entre apoyos y el número de eslabones diagonales existentes. Empleando como parámetros de entrada la amplitud del desplazamiento de la masa en el dispositivo y el tiempo para realizar el recorrido, el APDL calcula las cargas, en función del tiempo, que son transmitidas a cada uno de los nudos de la armadura que soportan al dispositivo y escribe los diferentes casos de carga para la simulación. Finalmente, mediante un análisis no lineal incremental, con efectos de masa sin factor de amortiguamiento, se determinan las gráficas de la variación de la carga en cada uno de los eslabones de la armadura.

3.4.1 Determinación para el área equivalente de los eslabones: Como se aprecia en la figura 11, .la configuración de las barras de la armadura no es de sección constante, por lo tanto era necesario hallar un área equivalente para que el modelo de ANSYS fuera válido, pues se emplean elementos LINK con sección uniforme.

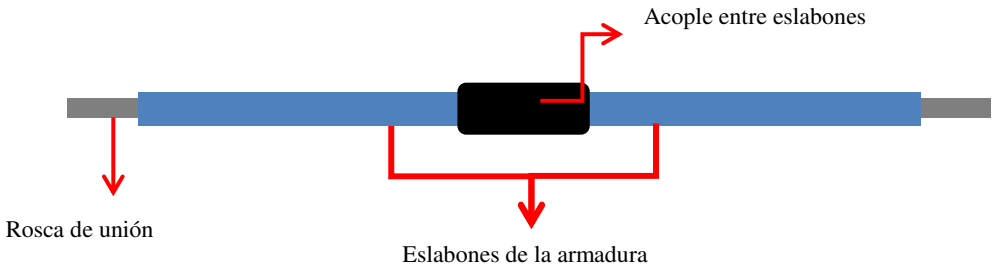


Figura 10. Reproducción esquemática de la unión entre las barras (de una longitud especifica) y el acople.

Para hallar el área equivalente, se planteó un sistema equivalente de resorte en serie sometidos a carga axial, como se aprecia en la figura 11, teniendo en cuenta que una barra con sección

transversal constante A, longitud L y módulo lineal de elasticidad E sufre una elongación δ, definida por:

$$\delta = \frac{PL}{AE} \quad (7)$$

Aplicando la ley de Hooke para un resorte (i.e., $F = k\delta$) y empleando la ecuación anterior, se obtiene que la constante elástica de una barra está dada por

$$k = \frac{EA}{L} \quad (8)$$

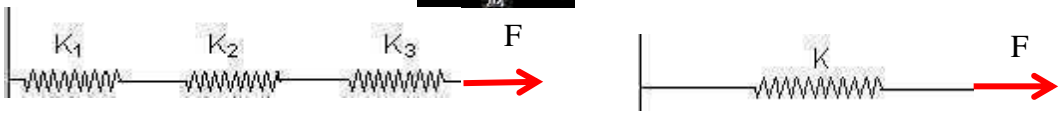


Figura 11. Esquematización del eslabón especificado y su equivalencia por medio de la ley de Hooke

Como se sabe, para un sistema de resortes en serie la constate elásticas equivalente es igual al inverso de la suma de los inversos de las constantes de rigidez de los resortes individuales, es decir,

$$\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} = \frac{1}{k} \quad (9)$$

Empleando las ecuaciones anteriores, es posible obtener el área equivalente para cada una de las barras reales de la armadura y simular adecuadamente las propiedades elásticas en ANSYS mediante elementos LINK de sección constante. Para el montaje que será explicado a continuación, en el que se emplearon eslabones de 15 in de longitud, se empleó un área equivalente de 1.11×10^{-4} m^2.

3.4.2 Validación del APDL con carga estática

El APDL se validó bajo condiciones de carga estática a partir de una armadura Warren a escala de 7 eslabones con un soporte fijo a la izquierda y otro deslizante a la derecha, como se ilustra en la figura 10. Se aplicó una carga de prueba de 5kgf sobre el nodo superior izquierdo y se compararon los resultados de la simulación estática con las fuerzas reportadas por las celdas de carga en los eslabones, 1, 2, y 3, obteniendo los mismos resultados.

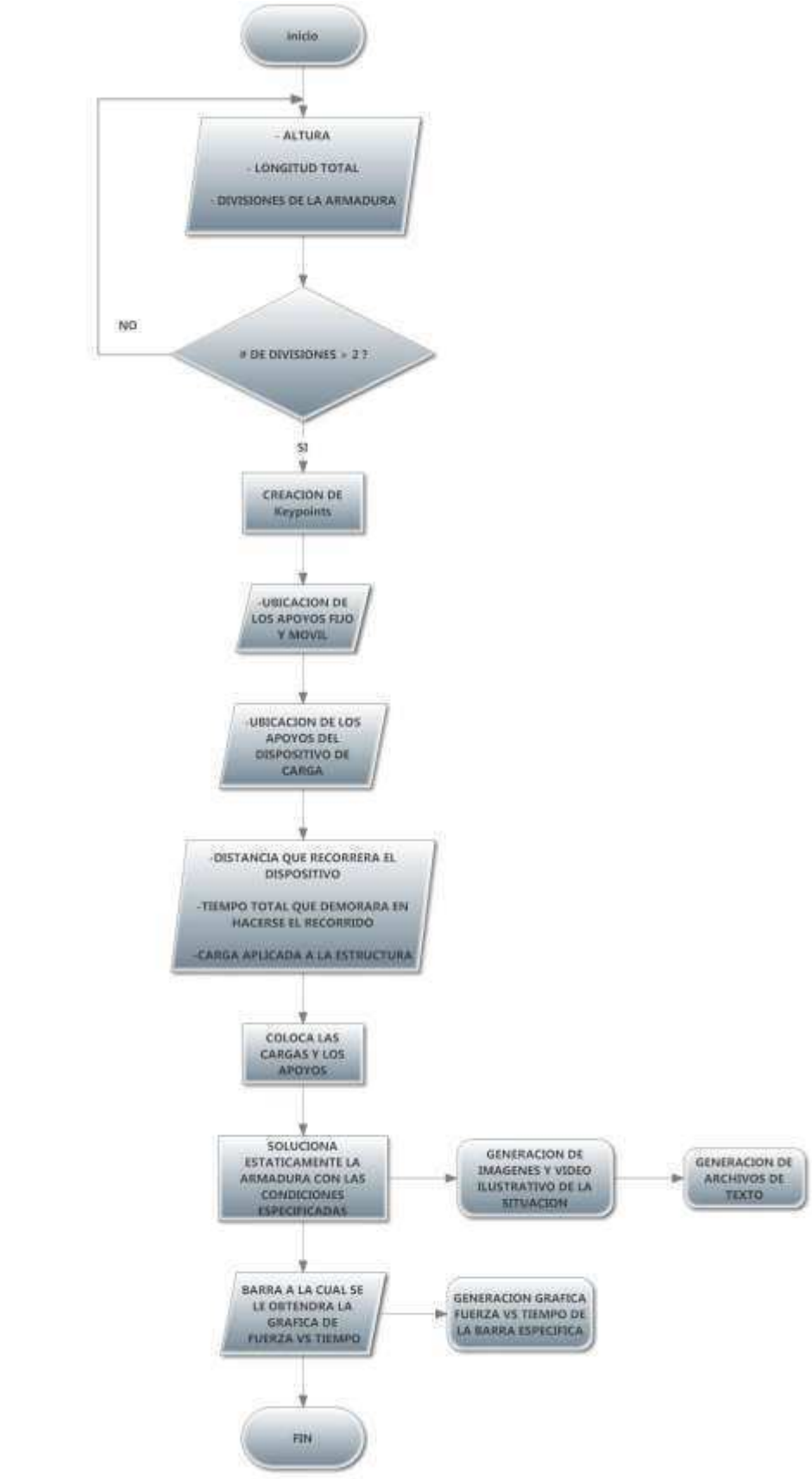


Figura 9. Diagrama de flujo del APDL.

.

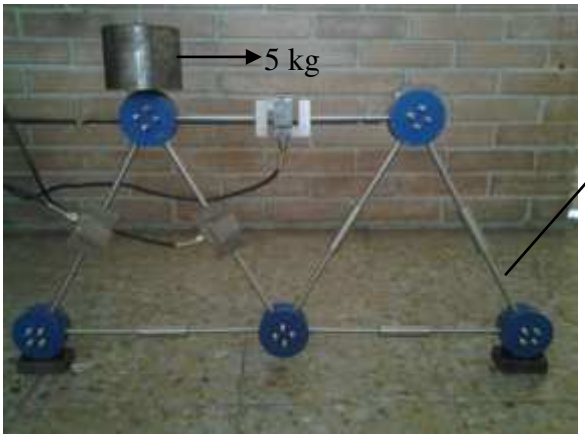


Figura 10. Estructura sometida a carga en uno de sus nodos. Ensamblada en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás. MECAOD

3.4.3 Resultados del APDL con carga dinámica: Se procedió a realizar una simulación dinámica de la misma armadura Warren analizada anteriormente, suponiendo que el dispositivo se encuentra ensamblado a los dos nudos superiores y que se encuentra desplazando una masa de 5 kg a una velocidad de 63.5 mm/seg, desde el nudo de la izquierda hasta el nudo de la derecha. La figura 11 ilustra las gráficas de variación de fuerza para las barras en las que se encuentran ensambladas las celdas de carga (véase la figura 10). La figura 12 muestra la deformación de la armadura a medida que la carga se desplaza desde el nudo de la izquierda hasta el nudo de la derecha.

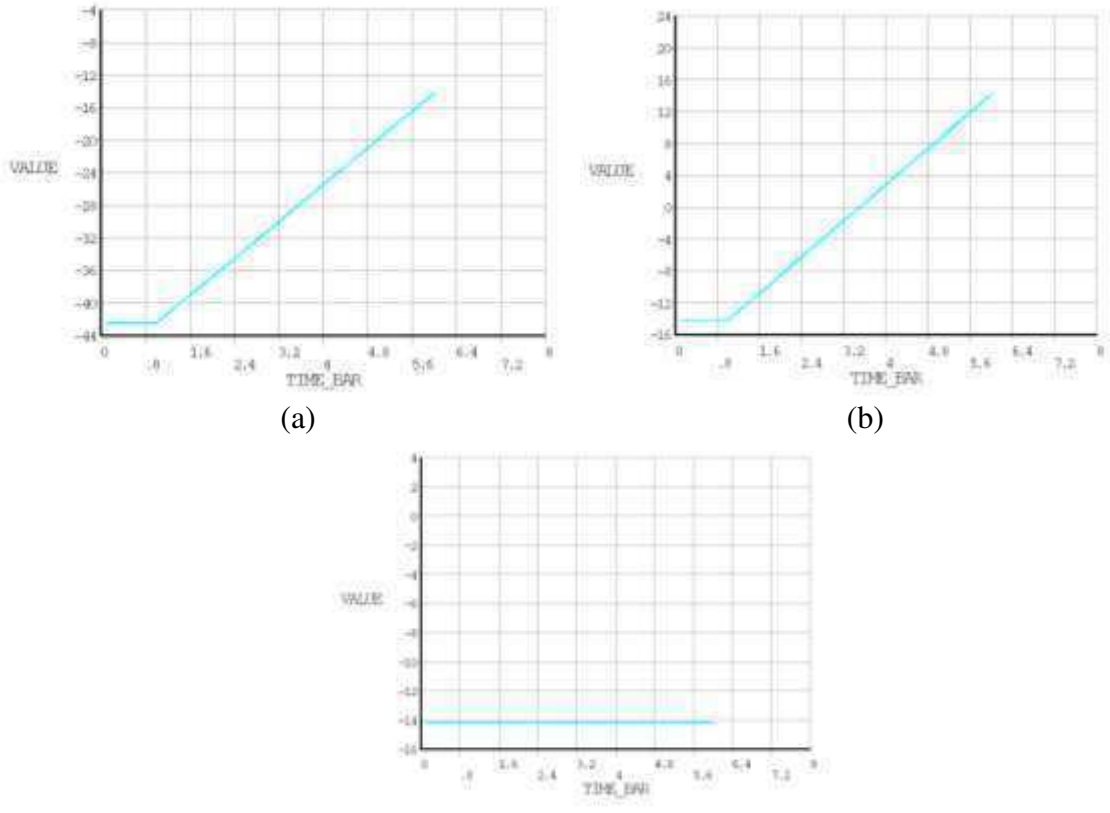
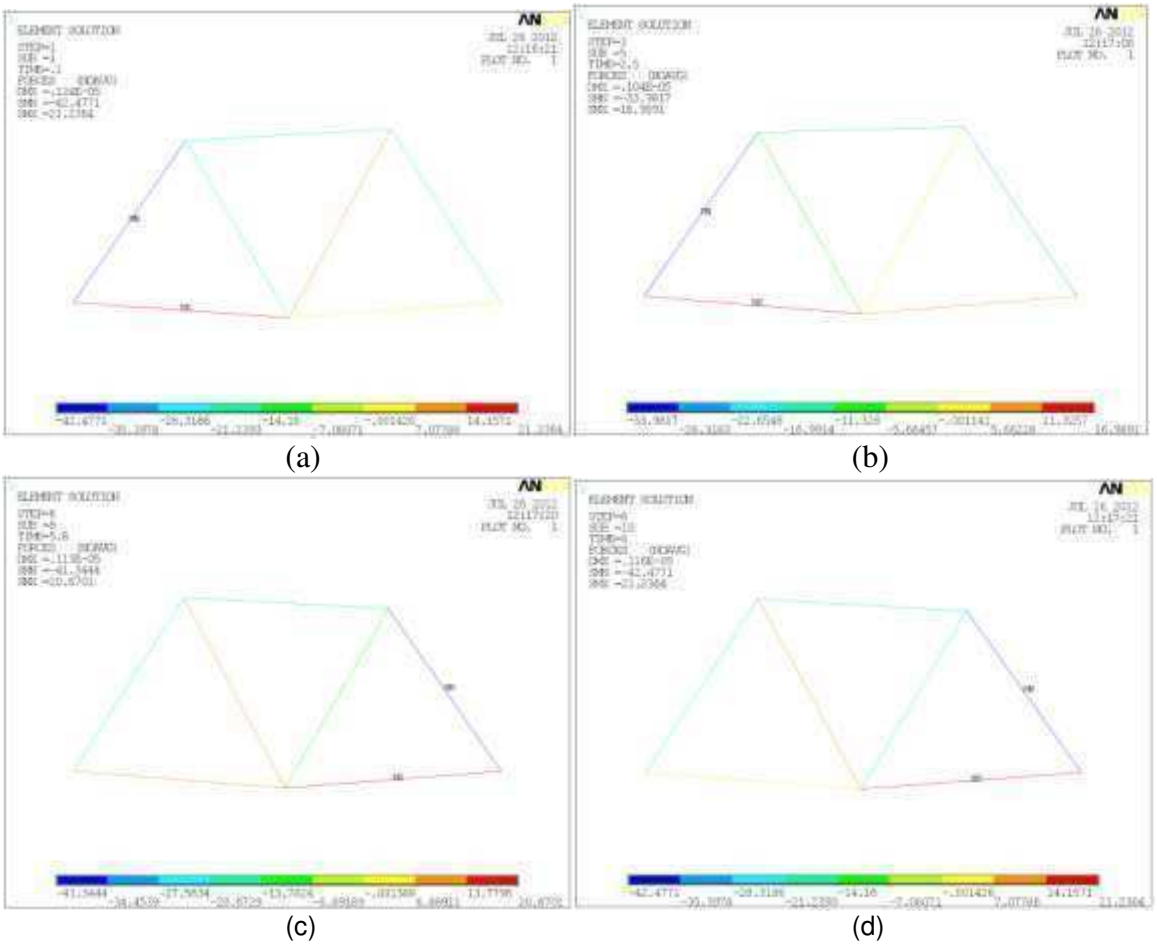


Figura 11. Graficas de fuerza tiempo versus fuerza para las barras en las que se encuentran las celdas de carga. (a) diagonal izquierda, (b) diagonal derecha, (c) barra superior



(a) (b)

(c) (d)

Figura 12: Deformación de la armadura para (a) t = 0.1s, (b) t = 2.5s, (c) t = 5.8 s, (d) t = 6s

4. CONCLUSIONES.

- Gracias al modelado realizado en ANSYS se pudo simplificar todo lo relacionado en cuanto a los cálculos para la estructura al aplicársele cargas dinámicas, logrando así una producción óptima y rápida del prototipado virtual.
- Los resultados mostrados en el APDL son satisfactorios, siendo comparados con los visualizados en LabView, fomentando el aprendizaje a los estudiantes, comparando la realidad con lo virtual.
- Es muy importante tener en cuenta los resultados que arroja un modelado computacional para así notar errores posibles y poder corregirlos para una fabricación.
- Es posible hacer uso del dispositivo didáctico por los estudiantes y profesores.
- Con las facilidades que permiten los programas desarrollados para la estructura y el dispositivo, es posible recopilar datos y guardarlos en archivos de texto para un análisis estadístico posterior.

6. REFERENCIAS

[1] Wood, John; Campbell, Matthew; Wood, Kristin; Jensen, Dan. (2005). "Enhancing the teaching of machine design by creating a basic hands-on environment with mechanical breadboards." *International Journal of Mechanical Engineering Education, 33, 1, 1 - 25*.

[2] Ullman, (2010). *The mechanical design process*. 4ta Edición. McGraw Hill.

[3] Ashby, Michael (2008). *Materiales para ingeniería*. 1ra Edición.

[4] Diseño Asistido Por Computadora (2009, 8) de febrero [en línea] http://www.mitecnologico.com/Main/Dise%F1oAsistidoPorComputadora.

[5] FEA/ Análisis de elementos Finitos (2012) [en línea] http://www.plm.automation.siemens.com/es_es/plm/fea.shtml
[6] Autodesk® Inventor® 2012. www.autedesk.es
[7] http://ansys.com
[8] http://www.astrosyn.com/shopimages/technicaldatasheets/MY23HY5.-8%20Technical%20Datasheet.pdf, Julio 10, 2012
[9] Qué es y para qué sirve el prototipado virtual [En línea] http://www.utp.edu.co/~gtorres/VARDOCS/Virtual%20prot.pdf
[10] Realidad virtual y procesos de manufactura [En línea] http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/33/1/T0003422.pdf

AGRADECIMIENTOS
Los autores de este trabajo desean agradecer a los ingenieros Ubaldo García, Jorge Andrés García y Jhon Forero, por la colaboración prestada en el desarrollo de este proyecto de investigación. También a la Unidad de Investigación y al programa de jóvenes investigadores de la Universidad Santo Tomas, por su colaboración y financiación del proyecto.

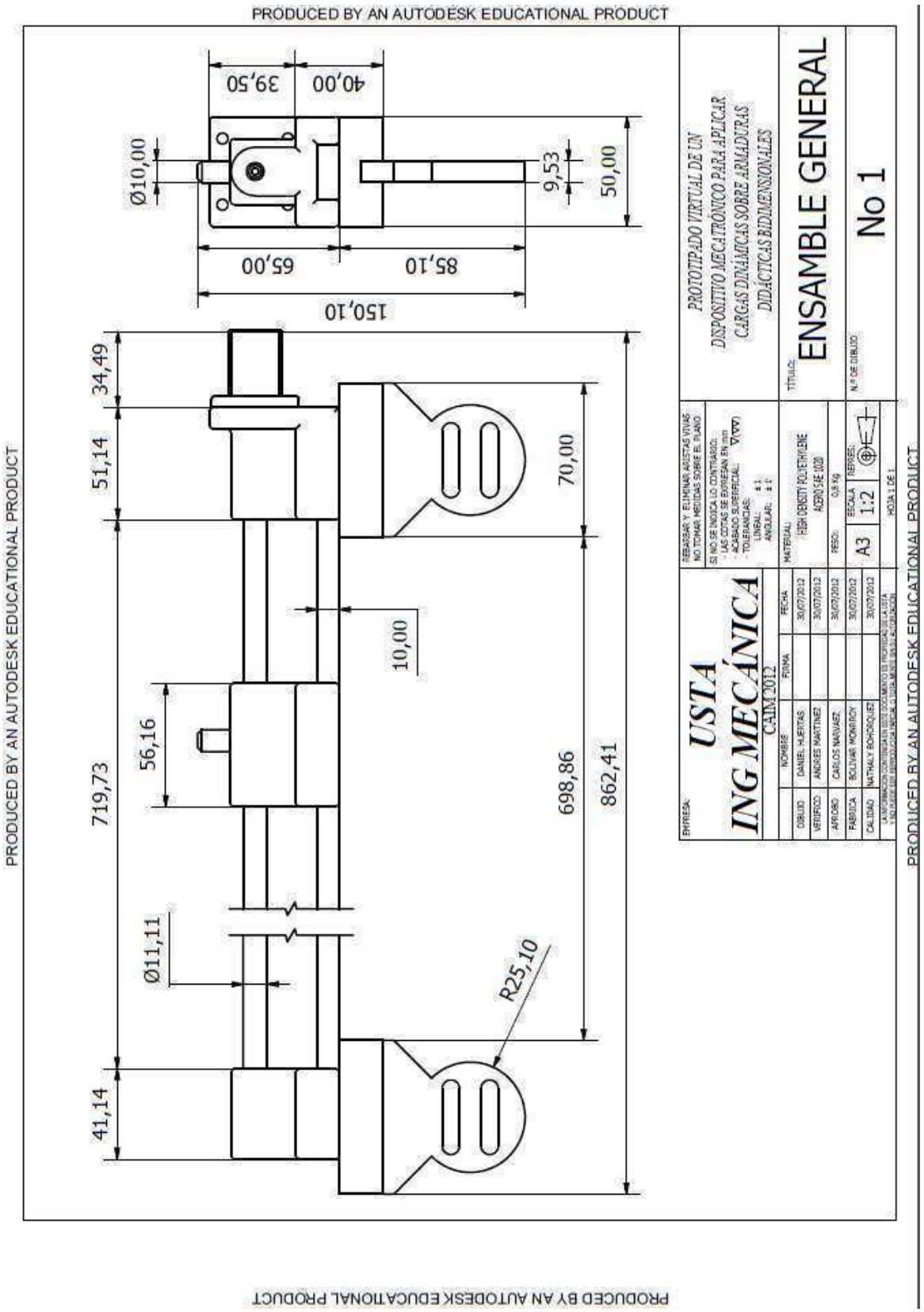


Figura 22. Dimensiones generales del ensamble del modelado computacional.

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECANICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

DISEÑO DE UN EQUIPO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EXPERIMENTALES EN ARMADURAS BIDIMENSIONALES

Galeano, Bibiana[1]; Yukopila, Juan David; Monroy, Bolívar; Martínez, Andrés; Muñoz, Zamir; Castro, Ximena; Jiménez, Juan Camilo; Camero, Sergio; Narváez, Carlos[2].

[1] *Universidad Santo Tomás, Facultad de ingeniería mecánica.*
Carrera 9 # 51-11. Bogotá, Colombia.
ustamecaod@gmail.com
[2] carlosnarvaez@usantotomas.edu.co

RESUMEN.

Teniendo en cuenta investigaciones recientes sobre la enseñanza de la estática, como la realizada por Steif y Dollar [1], la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás ha realizado un estudio estadístico mediante encuestas a estudiantes y profesores del núcleo de Diseño a fin de identificar las dificultades existentes en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la mecánica vectorial. El estudio permitió identificar la necesidad de brindar experiencias de aprendizaje significativo a los estudiantes, las cuales faciliten la aplicación de los conceptos a situaciones reales. Este trabajo presenta el proceso de diseño de un equipo didáctico, tipo *mechanical breadboard* [2], el cual permite ensamblar una armadura bidimensional, someterla a carga estática y validar los resultados teóricos del análisis estructural. El diseño se realizó de acuerdo a la metodología de diseño mecánico propuesta por Ullman [3] y fue soportado con herramientas computacionales. El prototipo manufacturado permite ensamblar hasta treinta y dos armaduras diferentes mediante un diseño modular en el que las uniones son capaces de sujetar hasta diez elementos estructurales coplanares en una disposición radial, garantizando que no se presente retraso de cortante en la unión.

Palabras Claves: Mechanical breadboard, armadura bidimensional, análisis estructural.

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Mecánica es una disciplina que se fundamenta en amplias teorías a partir de la experimentación, pero a la hora de enseñar dichas teorías, no hay un contraste concreto con la practica;. de tal manera que el aprendizaje queda limitado a la capacidad de imaginación y de conocimiento de las circunstancias del estudiante, para poder comprender y guardar los conceptos de dichas situaciones. Por esta razón se hace bastante difícil tanto para el estudiante adquirir los conceptos necesarios, como para el docente transmitirlos.

Actualmente los cursos de Estática y Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás carecen de equipos didácticos que faciliten el proceso de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes y permitan que los conocimientos teóricos sean aplicados a situaciones reales. Luego de un estudio estadístico realizado con los docentes y estudiantes de diseño de dichas asignaturas, se concluyó que uno de los temas en los que más se dificulta el aprendizaje es el análisis de armaduras metálicas. Por lo tanto este trabajo presenta el diseño de un equipo didáctico con el cual los estudiantes pueden ensamblar una armadura bidimensional, someterla a una condición determinada de carga, validar sus cálculos teóricos en tiempo real mediante celdas de carga conectadas a un sistema de adquisición de datos y comparar sus resultados mediante simulaciones computacionales empleando elementos finitos [4].

El artículo está organizado de la siguiente forma: inicialmente, se presentará la metodología de diseño empleada, la cual está inspirada en el proceso propuesta por David Ullman [3].. Posteriormente se presentarán los resultados de cada una de las etapas de diseño conceptual, diseño detallado, fabricación y ensamble. El proceso de diseño permitió la fabricación de un sistema modular en acero inoxidable 403 y acero estructural 1040 que permite ensamblar hasta treinta y dos armaduras diferentes empleando uniones coplanares de disposición radial. El sistema de adquisición de datos está compuesto por tres celdas de carga con capacidad hasta de 100 kg, las cuales están conectadas a una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments, de tal manera que las fuerzas en las celdas se pueden visualizar en el computador a través de una interfaz gráfica realizada en Labview. Finalmente, se discuten las conclusiones más importantes del trabajo.

2. PROCEDIMIENTO

La figura 1 ilustra el esquema de planeación y desarrollo del dispositivo didáctico, el cual está basado en el proceso de diseño mecánico de Ullman [3]. Se ejecutaron la siguientes fases de diseño: Desarrollo de Especificaciones y Planeación, Diseño Conceptual, Diseño Detallado y Fabricación y, por ultimo, Evaluación e implementación del dispositivo.

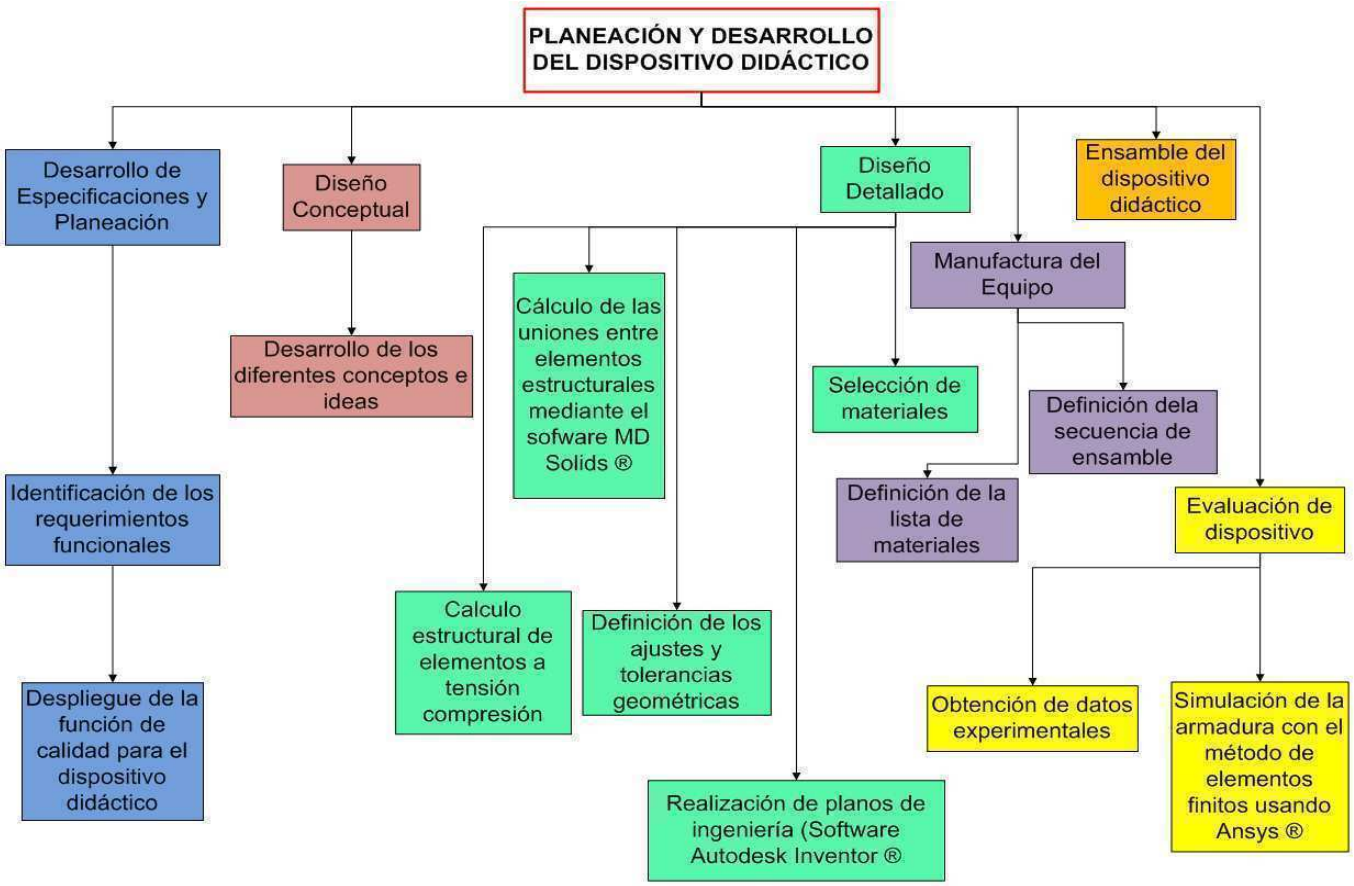


Figura 1. Esquema Planeación y Desarrollo del Dispositivo Didáctico

3. RESULTADOS

3.1 Obtención de los requerimientos del cliente: se realizaron 270 encuestas a los estudiantes de ingeniería mecánica y a 9 profesores, para determinar las características que desean que tenga el dispositivo y los requisitos fundamentales que se deben cumplir al obtener el diseño del dispositivo didáctico. Estos fueron:

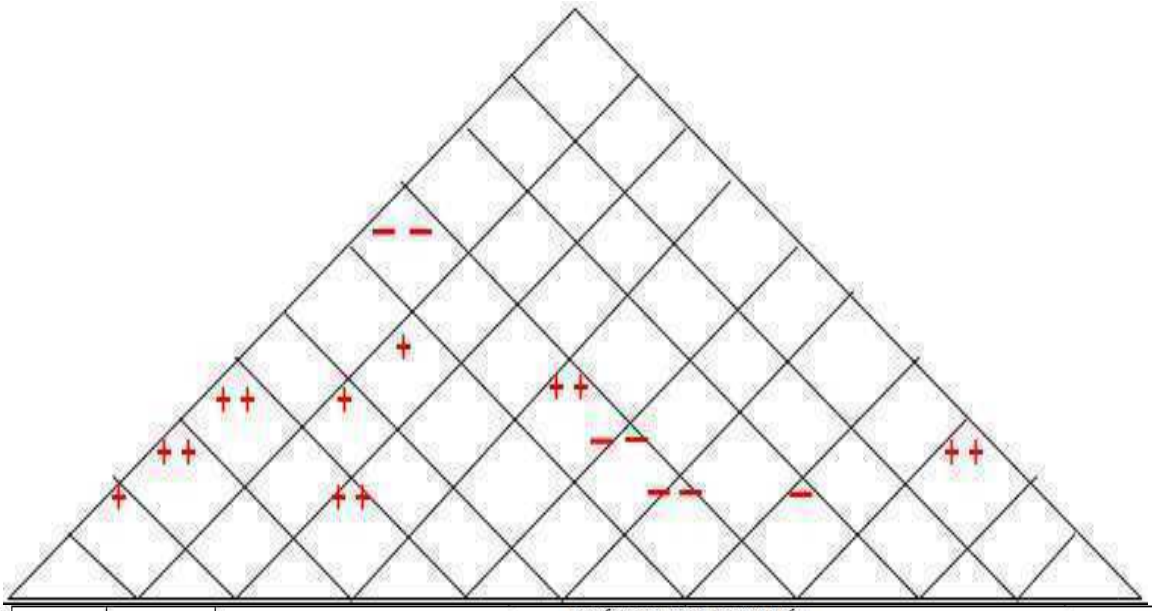
- La estructura debe incluir conceptos básicos de estática fácilmente entendibles al momento de ser aplicados.
- Posibilidad de armar diversas estructuras.
- Uso de barras de diferentes longitudes.
- Fácil de armar.
- Fácil de transportar (portable).
- Las estructuras que se realicen deben asemejarse a estructuras reales.
- Diversos tipos de unión.
- Incluir diversos materiales.
- Liviano.
- Aplicación de diferentes tipos de carga (variación de ángulos y dirección), así como diferentes puntos de aplicación de las mismas.

Teniendo en cuenta el listado anterior, se clasificaron cada uno de los requerimientos del cliente entre fijos y deseables, para así incluirlos en el despliegue de la función de calidad. La tabla 1 ilustra la clasificación de los requerimientos, de acuerdo la frecuencia de cada uno en los resultados obtenidos de las encuestas y su importancia en la funcionalidad (Tabla 1).

	REQUERIMIENTOS	CONCLUSIÓN
1	Modular	DESEABLE
2	Armar diversas estructuras	FIJO
3	Facilidad de ensamble	DESEABLE
4	Facilidad manipulación	DESEABLE
5	Diversos tipos de unión y de apoyos	FIJO
6	Bajo peso	DESEABLE
7	Variación carga	FIJO
8	Capacidad de medir fuerzas	FIJO
9	Software simulación	FIJO
10	Guía sobre el manejo	FIJO

Tabla 1. Requerimientos del cliente a considerar en el despliegue de la función de calidad QFD.

Despliegue de la Función de Calidad (QFD): La figura 2 presenta la matriz QFD que permitió definir y clasificar los parámetros de diseño del dispositivo didáctico A partir del QFD se determinó que el requisito fundamental es crear un dispositivo didáctico que permita armar diversas armaduras y que sea fácil de ensamblar.



CONVENCIONES	
9: Alta	
3: Media	
1: Baja	
0: Ninguna	
Relación Directa	
Ponderación Requerimiento Deseable	%
Ponderación Requerimiento Fijo	%
Relación Muy Positiva	++
Relación Positiva	+
Relación Muy Negativa	- -
Relación Negtiva	-
Tendencia	↓↑

		PARÁMETROS DE INGENIERÍA										
PONDERACIÓN	Requerimientos del Cliente	Número de módulos [#]	Número de Estructuras [#]	Tiempo máximo de ensamble para la estructura más compleja [seg]	Número de piezas necesarias para armar la estructura más compleja [#]	Número de tipos diferentes de unión [#]	Número de Diferentes tipos de apoyo [#]	Peso total de todos los componentes [kg]	Rango de magnitud de carga aplicada [N]	Rango de direcciones de carga [°]	Resolución de la medición de carga [N]	BENCHMARKING PASCO
14%	Modular	9	9	9	9	3	3	0	0	0	0	2
31%	Armar diversas estructuras	9	9	1	9	9	3	0	0	1	0	3
43%	Facilidad de ensamble	3	1	9	3	3	1	0	0	0	0	5
43%	Facilidad de manipulación	3	0	9	9	1	1	9	0	0	0	5
34%	Diversos tipos de unión y de apoyo	3	9	3	9	9	9	0	0	0	0	2
14%	Bajo peso	3	0	1	0	0	0	9	0	0	0	5
20%	Variación de carga	0	0	0	0	0	0	0	9	9	3	4
15%	Capacidad de medir fuerzas	0	0	0	0	0	0	0	3	1	9	5
	TOTAL	30	28	32	39	25	17	18	12	11	12	
	VALOR OBJETIVO	3	21	1800	30	5	7	10	110	(0-180)	(0,00-500,00)	
	TENDENCIA	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	

Figura 2. Despliegue de la función de calidad QFD.

3.3 Diseño Conceptual y de Detalle: Teniendo en cuenta la matriz QFD, se obtuvo el diseño conceptual y detallado del dispositivo didáctico, de tal manera que cumpliera con los requerimientos del cliente. la figura 3 ilustra los componentes fundamentales del dispositivo didáctico. El equipo didáctico consta de 48 barras en acero inoxidable presentadas en 3 longitudes diferentes, un juego de 24 acoples para realizar las uniones, una base en acero 1020 y tres 3 celdas de carga en "S", marca Lexus ® con capacidad de 100 kg, para un costo total de $1543.00 US (mil quinientos cuarenta y tres dólares).

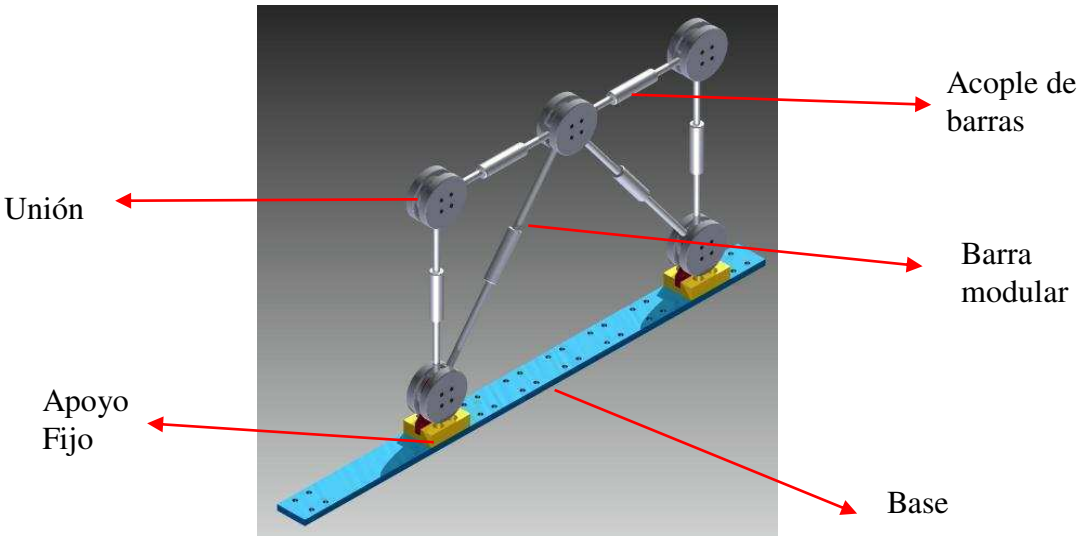


Figura 3 *Composición del dispositivo didáctico*

En la anterior figura se muestra una de las armaduras posibles de construir con este equipo didáctico. Las longitudes disponibles de los tres tamaños de eslabones son 9 in, 12 in y 15 in, las cuales se determinaron a partir de la parametrización triangular que se ilustra en la figura 4, en donde a es igual a 45 in y b 26 in.

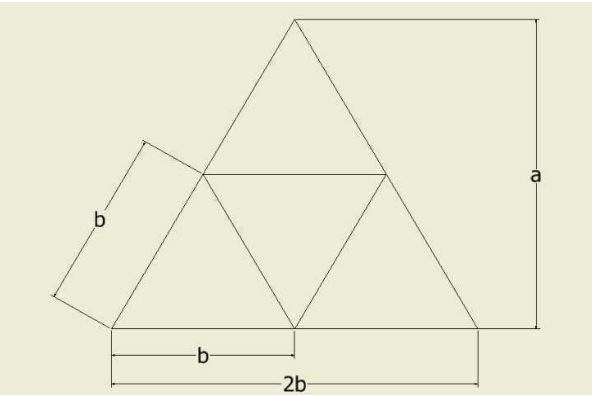


Figura 4. Parametrización triangular para determinar las longitudes de los eslabones .

Dentro de la generación de requerimientos, el más importante s que la estructura permitiera obtener la mayor cantidad de configuraciones para diversas armaduras bidimensionales. Esto se logró mediante el desarrollo de uniones que permiten la disposición de los eslabones a diversos grados. Mediante el acople de la uniones-barras, se puede generar diferentes estructuras sin tener como restricción en ángulo entre barras (α), gracias al posicionamiento sobre la ranura circular presente en la unión. Por medio del agujero roscado se realiza el ensamble de las dos mitades de unión

representada en color naranja (el color de la unión varia de la figura 5 a la figura 8 de la armadura real que está en color azul) garantizando el contacto por fricción entre estas y el trozo de anillo dado por las superficies de los componentes y la precarga generada en los tornillos, lo cual permite cumplir con el requerimiento de obtener diversos tipos de armaduras.

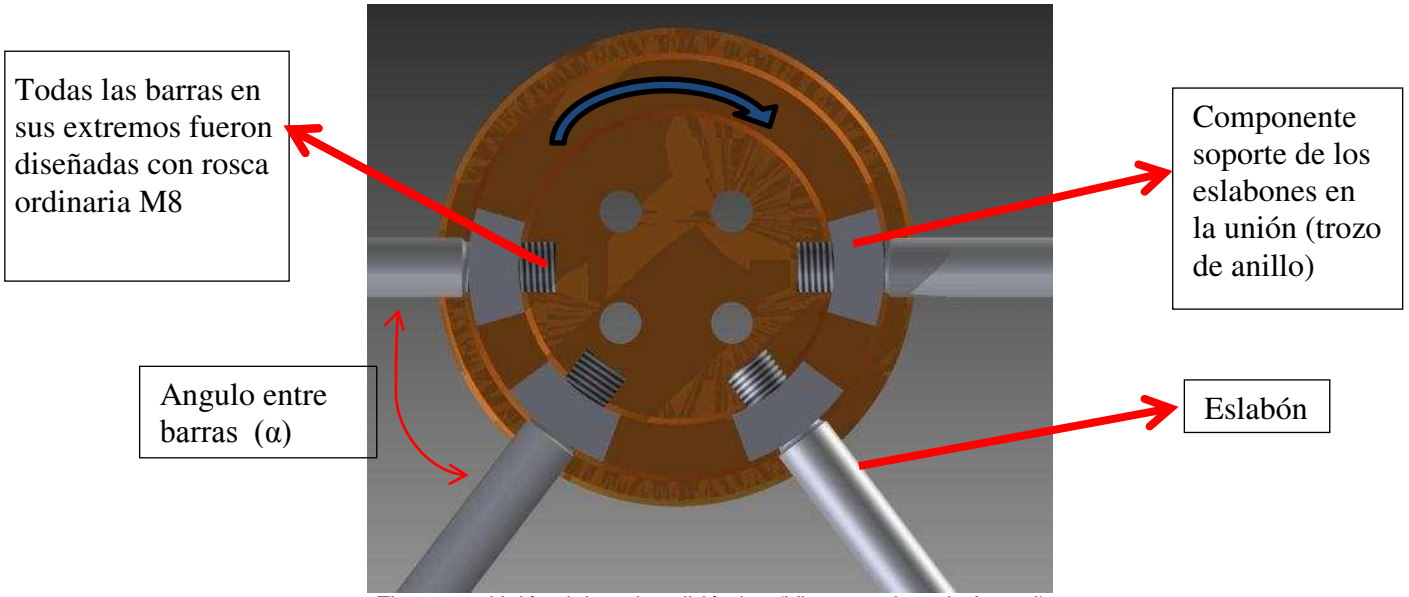


Figura 5. *Unión del equipo didáctico (Vista seccionada frontal)*

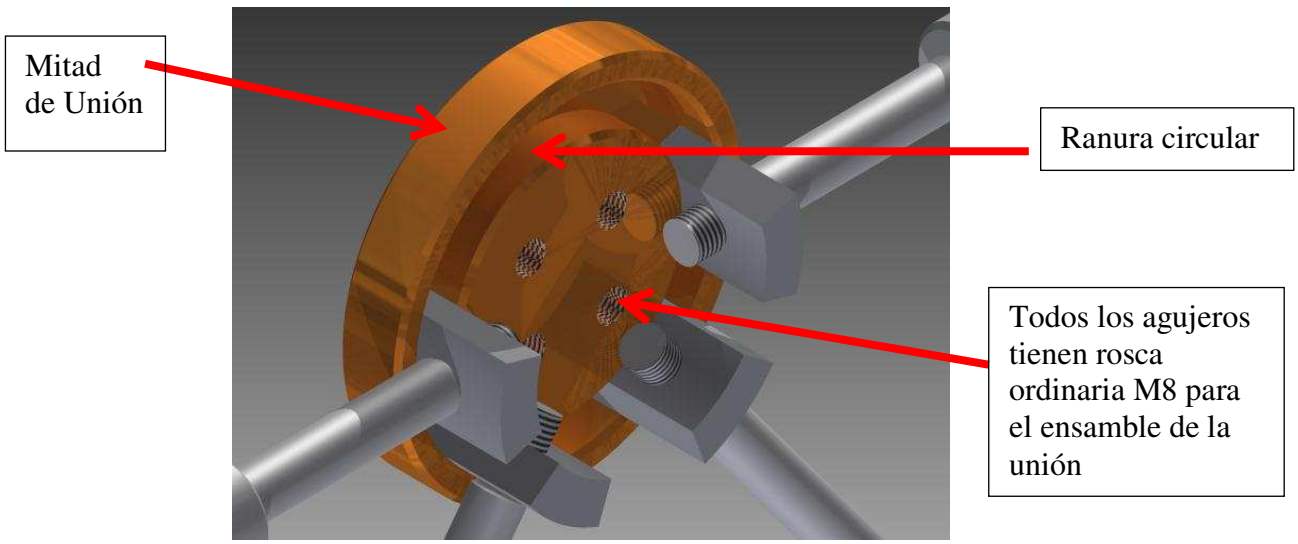


Figura 6. *Unión del equipo didáctico (vista seccionada isométrica)*

3.4 Interfaz Gráfica: para realizar la obtención de datos del dispositivo, se desarrolló la interfaz gráfica en LabView [5] mostrada a continuación, que indica la carga que está soportando el eslabón correspondiente a la celda de carga en S, instalada en el mismo:

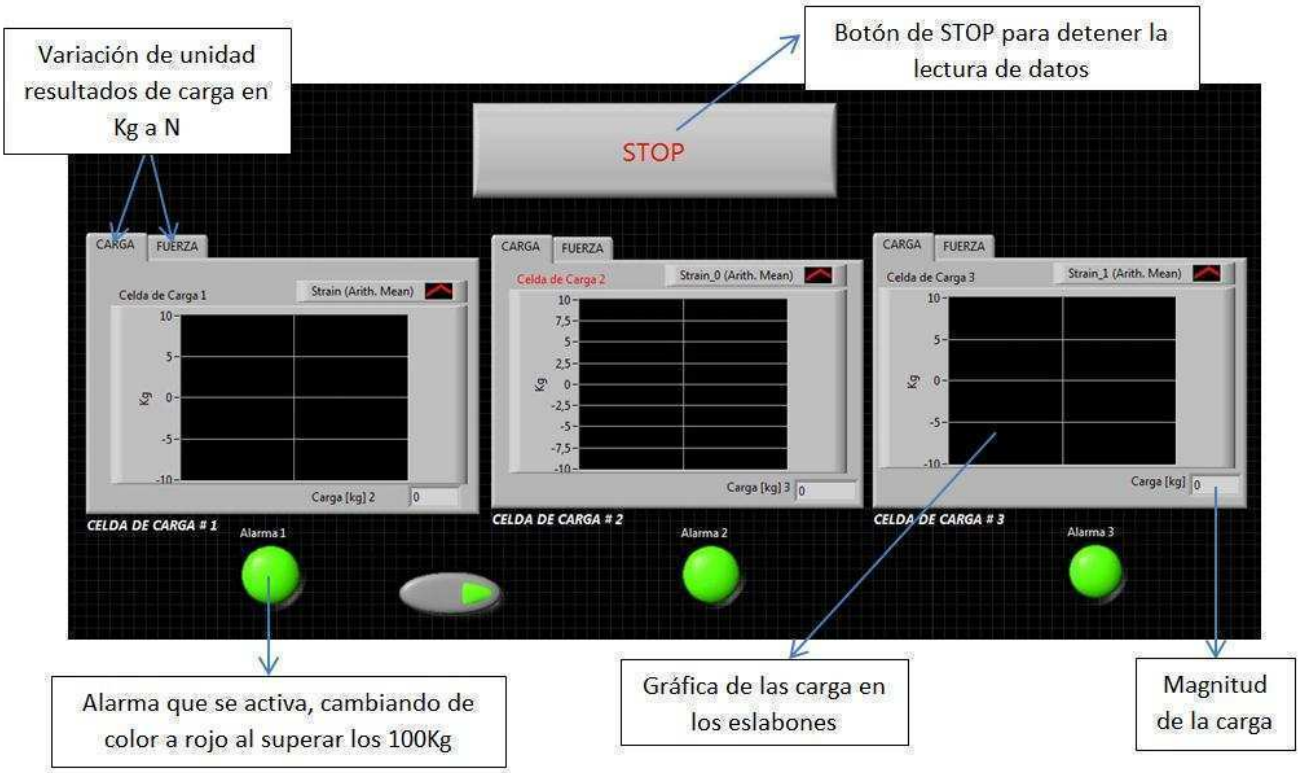


Figura 7 *Interfaz grafica en LabView [5] para obtención de resultados*

Cada grafica representa la variación de la fuerza respecto al tiempo, donde los valores negativos indican la compresión de la celda de carga y por consiguiente la que soporta el eslabón respectivo. Se muestran 3 gráficas, las cuales reportan el valor de la fuerza en el lugar donde estén ubicadas las celdas. El dispositivo visto en magnitud real se ilustra en las siguientes Figura 8 y 9.

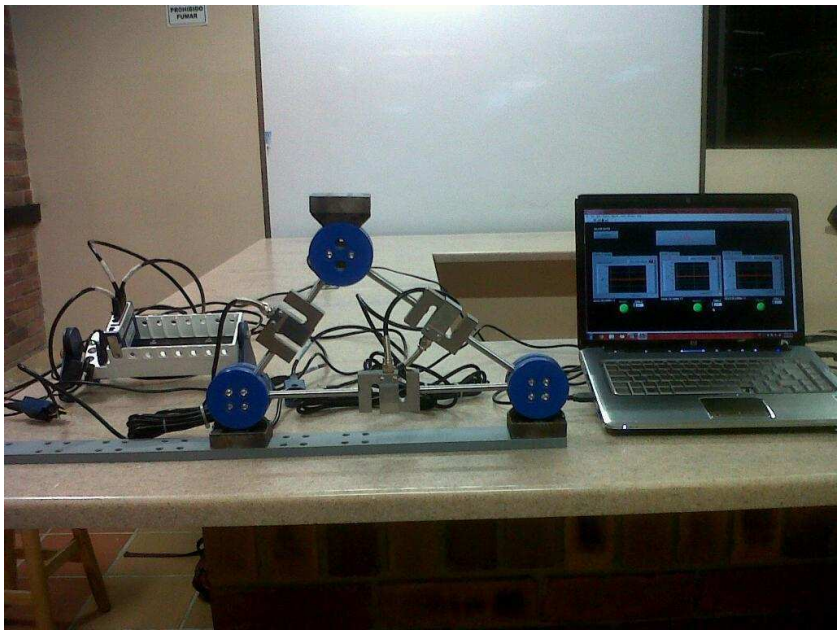


Figura 8. Armadura funcionando con las celdas de carga en la Universidad Santo Tomás.

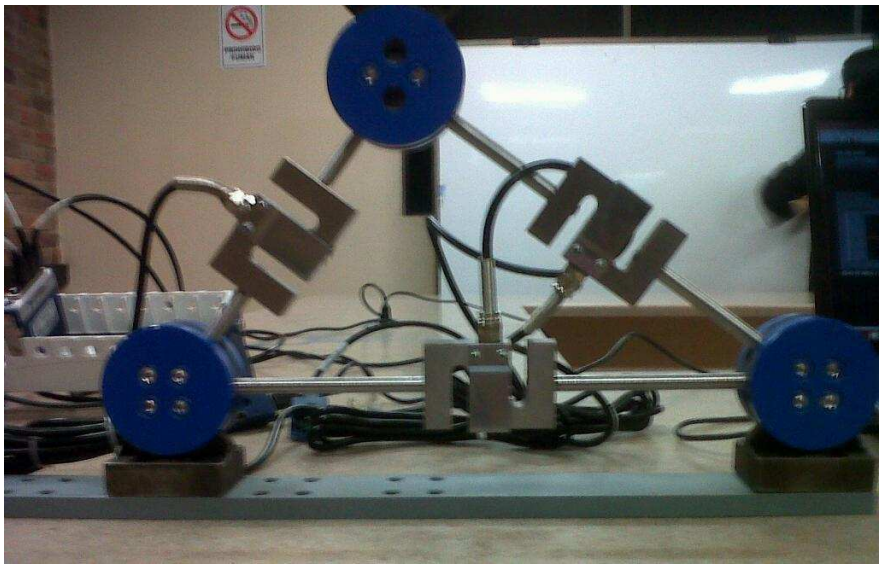


Figura 9. Estructura ensamblada en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás.

Las siguiente figura 10, muestra el ensamble real de otra armadura posible de construir, sometida a una carga de 5kg en uno de sus nodos. En la figura 11 se muestra la interfaz que describe gráficamente el valor de carga a los que están sometidos los eslabones que contienen las celdas de carga.

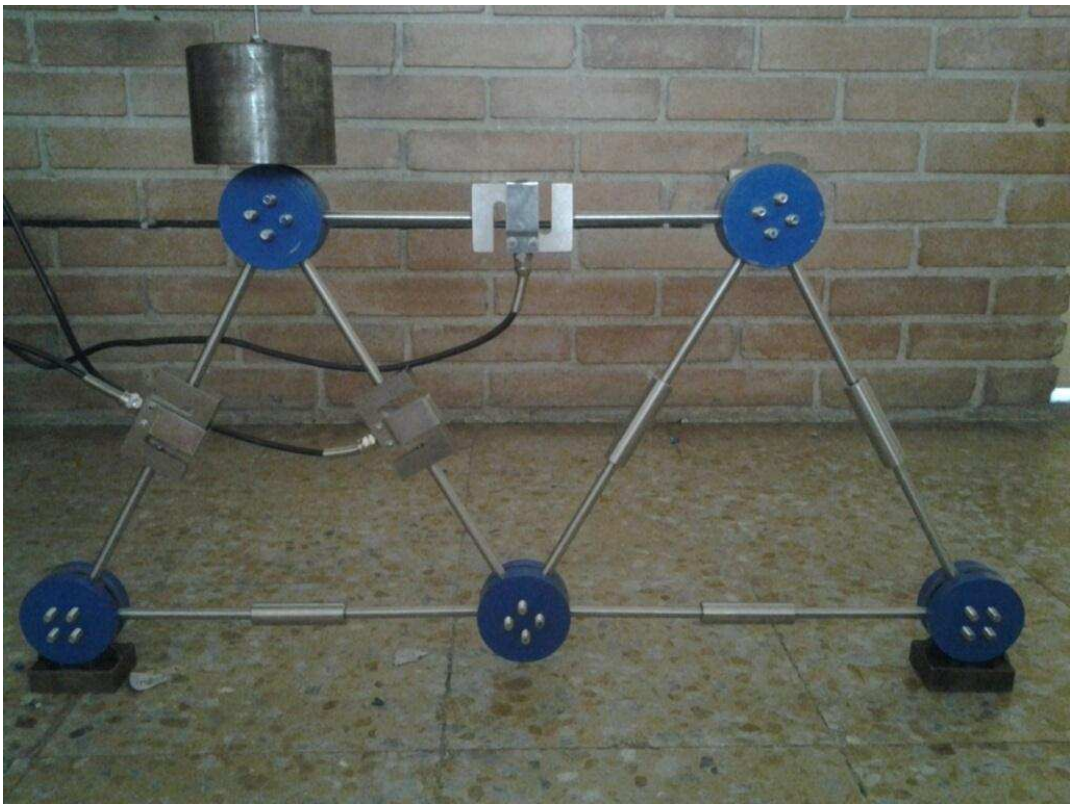


Figura 10. Estructura sometida a carga en uno de sus nodos. Ensamblada en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás.

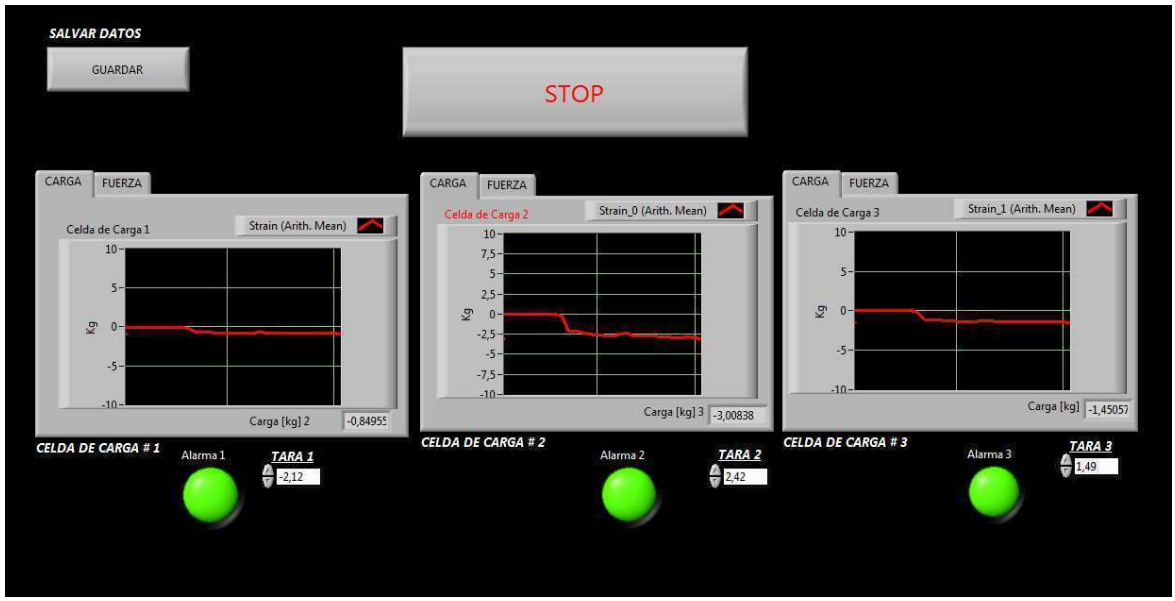


Figura 11. Gráficas de la carga a la que está sometido cada eslabón ensamblado con celdas de carga, al situar 5kg sobre uno de los nodos de la armadura. Interfaz gráfica obtenida con el software Labview®

4. CONCLUSIONES.

- Teniendo en cuenta que el dispositivo es didáctico, y por lo mismo la aplicación de carga es mínima no fue necesario el desarrollo de cálculos para el diseño detallado de los componentes del equipo, ya la carga máxima que puede ser aplicada sobre las celdas de carga (100kgf), no sobrepasa las resistencias de los materiales seleccionados.
- El brindar un dispositivo didáctico que permita validar cálculos analíticos de una armadura, con resultados verídicos obtenidos en su interfaz correspondiente, brinda una herramienta mucho más fuerte para que el aprendizaje y comprensión en el tema de armaduras bidimensionales llegue a ser más amplio en los estudiantes, ya que este puede relacionar lo aprendido en la teoría mediante la práctica.
- El dispositivo permite al estudiante analizar diversas características en una armadura, entre las cuales está identificar el eslabón crítico, es decir, el que soporta mayor carga, lo cual facilita la creación de un concepto del posible comportamiento mecánico de una armadura real, a mayor escala. Esto propiciaría de forma práctica la generación de conceptos al momento de realizar la planeación del diseño en un proyecto en el cual se pretenda realizar una estructura para puentes, construcciones y demás proyectos que puedan incluir armaduras.

5. REFERENCIAS.

[1] Steif, Paul S; Dollar, Ana. (2005). “Reinventing the Teaching of Statics”. *International Journal of Engineering Education, 21, 4, 723-729.*

[2] Wood, John; Campbell, Matthew; Wood Kristin; Jensen, Dan. (2005). “Enhancing the teaching if machine design by creating a basic hands-on environment with mechanical ‘breadboards’”. *International Journal of Mechanical Engineering Education, 33, 1, 1-25.*

[3] Ullman, David G. 2010. *The Mechanical Design Process.* 4 Edición. Mc Graw Hill.

[4] http://ansys.com

[5] http://labviewwiki.org/LabVIEW

[6] http://www.pasco.com/family/structures-systems/index.cfm

[7] Michael Ashby. Materiales para ingeniería, 2008.

[8] www.mdsolids.com

[9] Autodesk® Inventor® 2012. www.autedesk.es

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado a través de la Segunda Convocatoria de Semilleros de Investigación de la Universidad Santo Tomás. Los autores agradecen al ingeniero Jorge Andrés García Barbosa por su asesoría en el proceso de manufactura de dispositivo. De igual forma, los autores agradecen a los ingenieros Ubaldo García Zaragoza y John Alejandro Forero Casallas por su asesoría en el manejo de las herramientas computaciones CAD/CAM/CAE.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE ENSAYOS PARA MECANISMOS: DESBALANCEO, DESALINEACION, FALLAS EN RODAMIENTOS Y ENGRANAJES

Lanz, César; Maiz Santiago, Garófoli, Aldo

Universidad Nacional del Sur, Departamento de Ingeniería, Area 11, Av. L. Além 1253, (8000) Bahía Blanca, Argentina.
clanz@uns.edu.ar, smaiz@uns.edu.ar, garofoli@uns.edu.ar

RESUMEN

El siguiente trabajo trata sobre el diseño de un banco didáctico de ensayos para mecanismos, consta fundamentalmente de un árbol principal en el cual están montados dos rotores utilizados para verificar los fenómenos de desbalanceo, dicho árbol está apoyado por soportes porta rodamientos, los cuales tienen la posibilidad de desplazarse en dos planos para simular desalineación axial y radial. En este banco se pueden instalar adecuadamente rodamientos con fallas típicas (pistas fisuradas, elementos rodantes picados, jaulas con defectos, fallas de lubricación, etc.) y además pueden compararse con rodamientos que carecen de fallas. Para verificar defectos en engranes, se construirán dos pequeñas cajas reductoras de simple reducción, con dentados del tipo recto e inclinado. Se compararán los efectos de las fallas típicas en dentados (huelgo superior, desgaste de flancos, picadura en flanco, fallas de lubricación, desalineación de dentado, etc). Se utilizarán equipos como analizadores de vibraciones, tacómetros, termómetros, etc. El banco está montado sobre un bastidor resistente, el cual aloja al motor eléctrico y los, elementos de transmisión. Este equipo que será utilizado para la formación académica de ingenieros de las ramas mecánica, industrial y civil.

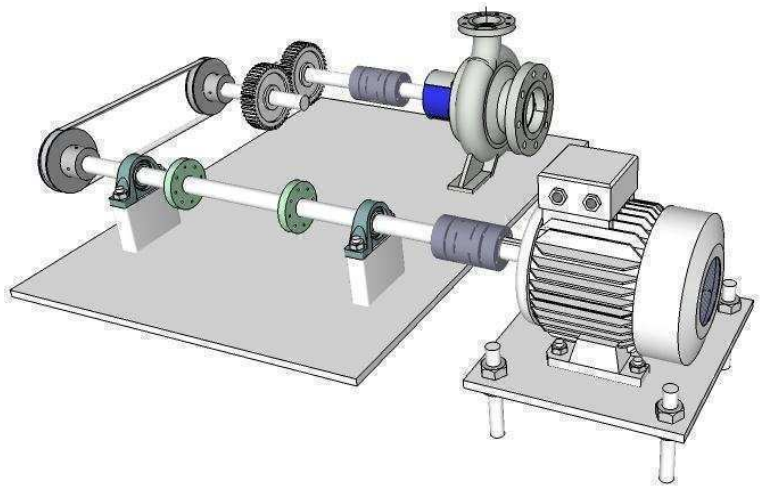
Palabras Claves: Mantenimiento predictivo, desbalanceo, desalineación, rodamientos.

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

FORO DOCENTE DEL AREA MECÁNICA DE LAS INGENIERIAS
FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

Una de las formas más eficaces de aprender en ingeniería es estar con el problema, palparlo, medirlo. Para temas como mantenimiento predictivo, muy raras veces un alumno puede medir vibraciones sobre cajas de rodamientos, detectar desbalanceo de rotores, desalineación de ejes, fallas en acoples o saber si una bomba entro en cavitación.
Para solucionar todas estas cuestiones es que se diseño un banco de pruebas, con mecanismos que comúnmente se encuentran en una planta y los cuales representan un gran porcentaje de las fallas que en ellas ocurren día a día. El mismo será utilizado por alumnos de Ingeniería Mecánica e Industrial en su formación.
El banco cuenta con un motor eléctrico trifásico comandado por un variador de frecuencia o driver. El motor acciona un árbol montado sobre rodamientos mediante un acople.
El diseño del soporte del motor permite alinearlo verticalmente en forma gradual, mediante el uso de varillas roscadas, o en forma tradicional (como se realiza en planta), mediante calzas de diferentes espesores.
El árbol montado sobre dos rodamientos se alinea horizontalmente mediante los tornillos de montaje de las cajas de rodamientos.
Sobre el árbol van montados dos discos con orificios roscados que se utilizan para desbalancear este elemento agregando tornillos con diferentes masas.
En el lado opuesto al acople, sobre el árbol se encuentra montada una polea que mediante una correa acciona una caja de engranajes.
La caja de engranajes puede utilizarse con engranajes de dientes rectos o de dientes helicoidales. Su diseño permite corregir la distancia entre centros y observar los defectos que se producen en un mal montaje o diseño.



A la salida de dicha caja de engranajes se encuentra un bomba centrifuga a modo de freno y también para estudios de fenómenos de cavitación mediante la inclusión de una válvula exclusa en la admisión..

2 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Hasta el momento la enseñanza de mantenimiento predictivo y mal funcionamiento de elementos mecánicos era realizado mediante videos o expuesto por el docente en forma teórica.

Este tipo de aprendizaje está quedando obsoleto con la llegada a la universidad de la generación Y, que para poder absorber los conocimientos de manera óptima necesita interactuar con los mecanismos y poder modificar su configuración. El objetivo principal de este banco de mecanismos es cubrir esta necesidad.

3 EQUIPO DE MEDICIÓN

Para realizar las mediciones de los ensayos se utiliza:
Placa adquisidora de datos NI USB-9234 de 4 canales con software Labview.
4 acelerómetros de alta sensibilidad de 100mV/g
2 sensores de proximidad
1 Termocupla
2 comparadores centesimales con bases de apoyo

4 ALINEACIÓN DE ARBOLES

El objetivo de esta práctica es que el alumno conozca las distintas desalineaciones que se presentan entre arboles acoplados, como distinguirlas en un espectro de frecuencias, como se realiza su medición y como subsanar este defecto de montaje.
Desalineación paralela:
Cuando los ejes de los arboles se encuentran desplazados vertical y/o horizontalmente.
Desalineación angular
Cuando el eje de los arboles forman un ángulo entre si.

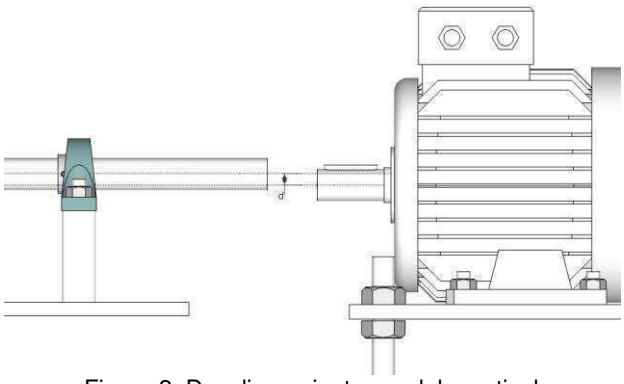


Figura 2: Desalineamiento paralelo vertical

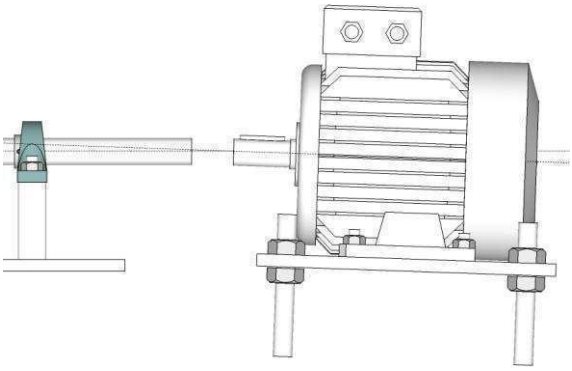


Figura 3: Desalineamiento angular vertical

La práctica consiste en distintas fases:
La primera fase se produce un desalineamiento paralelo de los ejes en forma vertical desde las barras roscadas que sostienen la base del motor.
Luego se pone en funcionamiento el motor y se miden vibraciones sobre los rodamientos del árbol y del motor en forma vertical, horizontal y axial.
Obtenidos los espectros se discuten y analizan las distintas componentes de frecuencias y sus amplitudes.
Una vez analizado, se mide la desalineación vertical mediante comparadores y de corrige el desalineamiento mediante calzas en el soporte del motor.
La segunda fase consiste en desalinear horizontalmente el árbol. Esta tarea se realiza mediante los tornillos de empuje lateral de los soportes de los rodamientos.
Se pone en funcionamiento el motor y se realizan las mismas mediciones realizadas en el caso anterior. Los datos obtenidos se analizan y se comparan con los obtenidos en la primera fase, discutiendo y analizando los espectros de frecuencia obtenidos.

La tercera fase consiste en desalinear angularmente los árboles, en forma vertical u horizontal, de modo que los ejes se crucen en el centro del acople.
En esta fase se toman mediciones sobre los rodamientos del árbol y del motor en forma horizontal, vertical y axial. Los espectros para cada tipo de alineación son discutidos y comparados con los anteriores.
Una vez discutido se corrige la alineación midiendo con comparadores en sentido vertical y horizontal sobre los platos del acoplamiento
Para cada caso estudiado se buscar un patrón de comportamientos según corresponda la desalienación.
Como etapa final se desalinean los arboles en forma alabeada (paralelo y angular) y se procede al estudio del mismo y corrección del problema.
En esta sección se comprenden los esfuerzos generados en maquinas debido a desalineaciones de arboles y su impacto en rodamientos y cojinetes. También se comprende el aumento de los esfuerzos a medida que aumenta la velocidad de giro y como se deben disminuir las tolerancias en el balanceo con el aumento de la velocidad.

5 BALANCEO DE ROTORES RIGIDOS

Se considera rotores rígidos a aquellos rotores que giran por debajo de 1/3 de la primera velocidad crítica de flexión.
Un rotor se dice que se encuentra desbalanceado cuando su eje geométrico no coincide con el eje principal de inercia. Esto puede producirse debido a irregularidades en el material, ejes flexionados, perdida de material del rotor, etc.
Para realizar esta etapa debe alinearse perfectamente el árbol para poder obtener un espectro limpio sobre los rodamientos del árbol.
Con el árbol balanceado se realizan mediciones sobre los rodamientos en sentido vertical, horizontal y axial. Se deben estudiar estos espectros verificando que los valores rms de velocidad vibratoria se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma ISO 1940.
Luego se procede a desbalancear colocando pesos sobre los discos agujereados. Según sea la distribución de las masas adosadas a los discos se producirá un tipo u otro de desbalanceo conocidos.
En un primer ensayo se realiza un desbalanceo estático del rotor y se procede a medir sobre los soportes de rodamientos en las mismas direcciones antes mencionadas. Estas mediciones se realizan para distintas velocidades de rotación y distintos grados de desbalanceo.
Una vez obtenidos los espectros se discute y se sacan conclusiones acerca de la influencia del grado de desbalanceo y la velocidad de rotación.

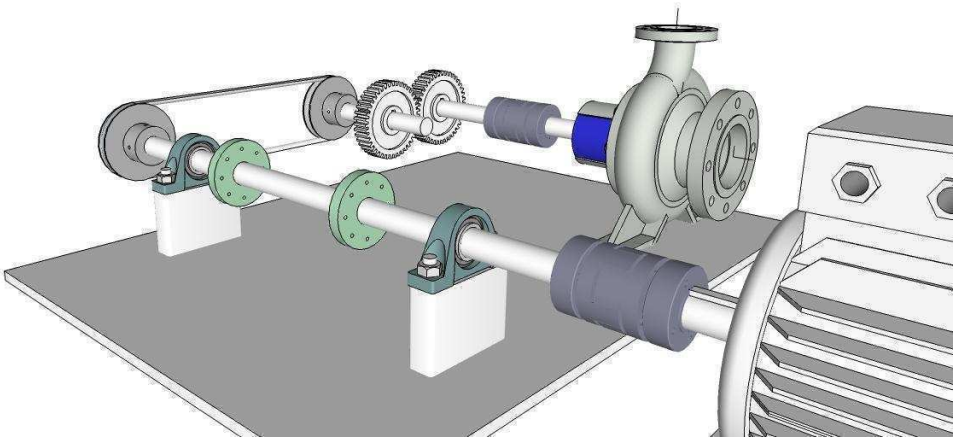


Figura 4: Arbol con discos agujereados para simular desbalanceo

En el segundo ensayo se produce sobre el rotor un desbalanceo de cupla. Se procede a realizar las mismas mediciones que los anteriores casos para distintas velocidades y grado de desbalanceo.
En esta etapa se debe diferenciar los dos tipos de desbalanceo por medio de los espectros tomados, medición de fase y sobre qué dirección de medición el efecto se hace más notable.
El tercer ensayo consta en una combinación de ambos tipos de desbalanceo causando desbalanceo dinámico o cuasi estático.
En este caso más general se analizan los espectros y se sacan conclusiones sobre ellos.
Luego mediante el uso de una celda fotoeléctrica y un acelerómetro se procede a balancear "in situ" al rotor mediante los métodos tradicionales.

6 ENSAYO DE RODAMIENTOS

En el mismo árbol del equipo se puede montar un rodamiento en buenas condiciones o con alguna falla, tales como pistas internas y externas dañadas o partidas, jaulas dañadas, elementos rodantes originales y con daños superficiales debido a desgaste, por vida útil cumplida o por fallas en la selección y/o en la lubricación.
Todos estos análisis se pueden observar a través de los distintos espectros de vibraciones medibles con el equipamiento antes descripto, con lo que se logra mostrar el efecto causado por el daño.
Una vez determinada la causa, recién se procede al desarme y observación del defecto que originó el espectro mostrado.

7 ENSAYO DE ENGRANAJES

En el referido banco se van a montar engranajes sobre árboles paralelos. En estos se puede variar la distancia entre centros, variando la separación de los árboles, como así también el angulo entre arboles. De esta manera se pueden colectar diferentes datos e identificar cada uno con el tipo de defecto.
Del análisis de los mismos, se mostrarán resultados que indiquen:
Interferencia: en caso de árboles paralelos y menor distancia entre centros de la requerida.
Excesiva distancia entre centros: que mostrará un espectro de vibraciones distinto debido al impacto entre dientes
No paralelismo: debido al ángulo entre árboles lo que hace que haya un espectro diferente de frecuencias.
Fallas en dientes: si existe daño en algún diente (picado) o los módulos de los engranajes son distintos.

8 ENSAYOS A FUTURO

Con las mismas técnicas se podrán en el futuro montar bombas centrífugas con rotor de acrilico, con las que además de los defectos anteriores se pueden mostrar problemas de cavitación y observar las burbujas de vapor sobre los álabes mediante el uso de una lámpara estroboscópica.
También se podrán analizar Transmisiones flexibles (correas y cadenas) y los efectos que generan a los árboles, de acuerdo a la forma de montaje (entre soportes o en voladizo).

9 AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Del Sur en particular Departamento de Ingeniería por apoyarnos en el proyecto. A la Fundación Agustín Roca por ofrecer la posibilidad de contar con los fondos necesarios. A Gabriel Leguizamón y al personal no docente de ésta casa, porque sin su cooperación sería imposible llevar a cabo este proyecto.

10 CONCLUSIONES.

Hasta el momento se ha conseguido:

a) modelar el banco, cuya ingeniería de detalle está en desarrollo
b) interesar a una Fundación que está en trámite de aprobación definitiva (tiene aprobación provisoria), se ha enviado la información faltante para la remisión de los fondos, (aval de autoridades, presupuestos y mano de obra de las partes componentes del banco, cuenta bancaria y demás detalles formales).
c) comprometer a los docentes involucrados a llevar a cabo el proyecto, para lo cual se está trabajando en el diseño definitivo y la ingeniería de detalle para la construcción.
Finalizada la construcción estaremos en condiciones de transmitirle al alumno, la teoría y la práctica que la respalda o complementa, demostrando que usando este tipo de tecnología, se puede desarrollar la parte técnica de un plan de mantenimiento preventivo y/o predictivo, de la mayoría de los elementos rotantes que forman una máquina, porque para efectuar este tipo de análisis no es necesario detener el equipo, cuya parte se desea verificar.

11 REFERENCIAS.

[1] Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley .Budynas Nisbett, Mc Graw Hill (2008),ISBN 139780073121932.
[2] Análisis de Fatiga de Máquinas.Rafael Avilés,Parainfo,(2005),ISBN 8497323440.
[3] Collacott, Ralph A. (1979) Vibration monitoring and diagnosis. Great Britain. ISBN 0-470-26524-8. The pitman press, Bath.
[4] Lipovski, G., Solyomvari, K., Varga, G., Vibration Testing of Machines and their Maintenance, Elsevier 1990. ISBN 0444988084

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

DISEÑO 3D- ESTRATREGIA DE ENSEÑANZA

Suppo, Germán 1, Plaun, Leonardo 2
1 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.
german.suppo@gmail.com
2 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951-C1169AAQ Buenos Aires
lplaun@frba.utn.edu.ar

RESUMEN.
En función a los trabajos realizados dentro del grupo de investigación TEA (Triciclo Ecológico Argentino) y en vistas de la necesidad surgida en el seno del mismo en lo referido al Modelado 3D de este vehículo, hemos encontrado una muy buena oportunidad para entrelazar la actividad académica de investigación con el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, en este caso, con el diseño en 3D.
Bajo el tópico del Diseño Mecánico en 3D, hemos fijado como meta, la comprensión por parte del alumno de la forma en que un proyecto industrial se articula en la práctica profesional y la identificación de los output para cada una de sus etapas.
Habiendo el proyecto, definido un plan de forma 3D objetivo para el triciclo, fue necesario comenzar a plasmar esa idea en planos mecánicos. Fue entonces donde se detectó la oportunidad de llevar esta actividad al aula de una materia dedicada exclusivamente a ello. ¿Qué mejor oportunidad para mostrar a los alumnos ese "juego completo" del que habla David Perkins? ¿Qué mejor manera de alimentar en forma genuina la motivación intrínseca de esos jóvenes?
Para alcanzar nuestras metas, se ha trabajo fuertemente en la currículo de la materia con el objetivo de ajustar la planificación de clases con el planificación del proyecto de investigación sin desatender los estándares de Aprendizajes fijados, por el departamento de Ing. Mecánica en general y de la materia en particular.
También fue preciso delinear una estrategia de trabajo en equipo. Ello permitirá, por un lado reproducir la misma división que el alumno hallará en la industria, por ejemplo entre chasis y carrocería; y por otro profundizar en la internalización de conceptos de liderazgo personal y grupal que se demandan en la industria de nuestros días. Tenemos la seguridad que todo este esfuerzo redundará en alumnos más motivados y con mayor capacidad de comprender el diseño mecánico y realizar una transferencia del aprendizaje que les permita aplicar lo aprendido a cualquier otro proyecto u otra área de sus vidas.

Palabras Claves: Aprendizaje, Transferencia, Triciclo Ecológico, Maqueta numérica.

Área temática: (A- Enseñanza y E- CAD, CAM. CAE y CIM)

1. INTRODUCCIÓN

Aprender un nuevo Software puede resultar cada vez más sencillo. Los programadores se esfuerzan más y más para lograr que los sus productos sean amigables, de fácil y rápida comprensión. Ante una versión, por ejemplo de cualquier programa de Office, el tiempo necesario para familiarizarse con ella resulta cada vez menor. Los niños desde temprana edad están expuestos a ambientes de alta disposición tecnológica, tanto que a un chico de tres años puede parecerle inconcebible sacar una foto y tener que esperar semanas para verla, o uno de nueve años no se explica cómo se vivía sin YouTube o Facebook, hace sólo diez años.

Los chicos y jóvenes de esta década están tan habituados y expuestos a la tecnología que al entrar en contacto con un nuevo software o un nuevo dispositivo electrónico, se relacionan con ellos de una manera absolutamente espontánea e intuitiva y en pocos minutos ya se encuentran operándolos con total soltura. Tal como lo plantea Mariana Maggio, las nuevas tecnologías atraviesan las formas de conocer, pensar y aprender de las nuevas generaciones y la responsabilidad de los docentes es entender esta dinámica para favorecer el aprendizaje.

Dentro del currículo de ingeniería mecánica una de las materias más afectada por esta situación es el Diseño 3D. De hecho, la creación misma de esta materia es producto de estos cambios tecnológicos y sociales de la última década.

Una preocupación constante dentro de la cátedra de Diseño en 3D es justamente como evitar convertir la materia en un curso de CAD avanzado. Nos preguntamos por el valor agregado que puede aportar la materia si sólo se limitase a transmitir usos de herramientas de un programa de CAD o trucos para poder utilizar un comando específico. Nos cuestionamos de manera constante, cómo lograr aquello que Perkins define como Jugar el juego completo, cómo abordar la complejidad que representa la práctica profesional en comparación con la previsibilidad y estructuración del aula.

La respuesta a estos cuestionamientos es: el objetivo de la materia no debe radicar en la enseñanza de un software (que en dos años será obsoleto) sino fomentar en los alumnos un manera de pensar, una actitud reflexiva sobre el propio hecho del aprendizaje, que les permita aplicar lo aprendido en el aula luego en el terreno profesional. También en términos de Perkins, buscamos formar jugadores capaces de jugar de visitante.

2. JUGAR DE VISITANTE

"El jugador tiene que ser como el artista, dominar el escenario"
Osvaldo Soriano.

Jugar de visitante es ser capaz de aplicar lo aprendido en un contexto absolutamente desconocido, crear algo nuevo a partir de elementos conocidos.

Si el terreno del aula fuera el campo de Croquet donde la Alicia de Carroll aprendió a las reglas básicas de ese juego, el terreno profesional se asemeja al campo irregular y sin límites bien definidos de la cancha de la Reina de Corazones[1]. O en términos de un deporte más familiar para nuestra cultura, si el aula es el potrero donde se aprende a patear una pelota de fútbol, el desempeño en un escenario profesional será el Maracaná [2]. Buscamos entonces formar profesionales que no se dejen intimidar por un escenario hostil, caótico y puedan dominar la escena, como Obdulio Varela en el Maracaná o Alicia en la cancha de Croquet en el País de las Maravillas.

[1] "Alicia pensó que nunca en su vida había visto un campo de croquet tan extraño, puras lomas y surcos; las pelotas eran erizos; los mazos, flamencos, y los soldados se doblaban sobre sí mismos, apoyados de manos y de pies en el suelo, para formar los arcos. *Carroll, Lewis.* Alicia en el País de las maravillas.

[2] Es que el jugador tiene que ser como el artista, dominar el escenario (…) uno sabe que en cancha extraña no lo van a aplaudir (…) Entonces tiene que imponerse de otra manera, dominar al adversario y a sus mismos compañeros. Claro yo había jugado un millón de partidos en todas partes, en canchas sin tejido, sin alambrado (…)¡Cómo me iba a achicar el ese día en el Maracaná! *Soriano, Osvaldo.* Obdulio Varela, el reposo del centrojás.

2.1. Dificultad intermedia:

Surge entonces el problema de facilitar ese salto de lo simple a lo complejo, de lo conocido a lo nuevo.
Una buena oportunidad para lograr este pasaje, lo encontramos en la relación de la Cátedra con El grupo de Investigación TEA (Triciclo Ecológico Argentino).
El Proyecto de investigación TRICICLO ECOLÓGICO ARGENTINO que se está llevando adelante en UTN BA desde 2010 cómo una exploración del departamento de Ing. Mecánica y desde 2011 como un Proyecto aprobado por la Universidad, tiene el ambicioso objetivo de desarrollar el concepto de un Vehículo de tres ruedas con autonomía para trasladarse en ciudad, impulsado por fuentes de energía no contaminantes. De las muchas áreas y tópicos que trata esta investigación, uno de los perímetros que resultan basales para esta actividad académica es la realización de una maqueta numérica o modelo 3D del Triciclo, para luego poder producir los planos de conjunto y despiece que permitan la fabricación de los componentes y el armado de subconjuntos y conjunto Final.
Así, estas tareas oficiarán de una conexión, entre lo académico y lo profesional mediante una representación del Modelado 3D en la industria, más sencilla que la que se experimenta en la práctica y mucho más compleja que la resolución de un TP.

3. ESTRUCTURACION DE LA MATERIA
Para poder efectivizar la transición del juego para principiantes a un juego completo a través del modelado 3D del exterior del Triciclo, se deberá acomodar en cierto grado la planificación anual de la materia para coordinar esas fechas con los objetivos y planificación del TEA.
En primera instancia se identificarán los inputs y output de la materia. Es decir, conocer qué información debe recibirse para poder realizar el diseño en 3D del triciclo e identificar en qué forma debe concretarse la puesta a disposición de la información resultante del trabajo realizado durante el año lectivo.

3.1. Inputs y Outputs
La identificación de los outputs la dividiremos en dos facetas. De manera global, existirá una donde los outputs tienen que ver con el diseño 3D a cualquier escala y que está relacionado con el ciclo de vida de un producto cualquiera fuere. Esta faceta es trabajada año tras año dentro de la cátedra por lo que la inclusión del trabajo con el TEA no representa mayores cambios.
En segundo término se agrega una faceta relacionada a las tareas de cara al Grupo de investigación TEA y que como dijimos están sujetas a la planificación de tareas del Grupo de Investigación.

3.2. El ciclo de vida de un producto:
El Ciclo de vida de un producto pone al 3D tanto como proveedor como cliente dependiendo de la etapa en la que nos encontremos.

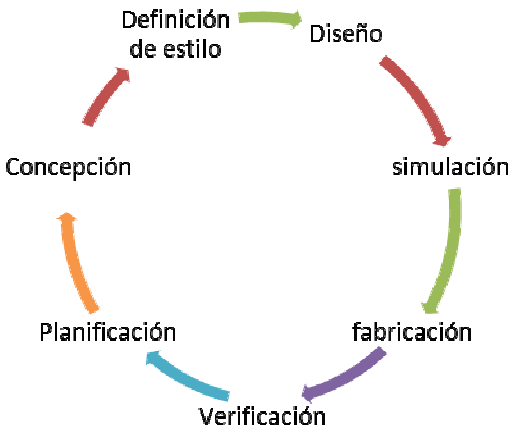


Figura 1 *Esquema de ciclo de vida de un Producto*

En etapas de análisis de factibilidad económica, planificación y definición de estilo el 3D tendrá en ellas proveedores de información y preconizaciones que definirán un target que alcanzar. Existen otras actividades como la metrología 3D, la verificación por elemento finito o las compras mismas, donde la ida y vuelta con el producto es mucho más intensa y el carácter cliente-proveedor oscila todo el tiempo.
Por el contrario, las etapas de Mecanizado asistido por computadora, fabricación montaje, son claramente clientes de la actividad de modelado que están extremadamente expuestos a cualquier falta de robustez en el diseño, por el que es vital tenerlas presentes desde el inicio de la tarea para asegurar que la etapa de modelado agregue verdadero Valor para estos clientes.

3.3. Triciclo Ecológico Argentino (TEA):
En el caso del TEA, su carácter principal es de cliente de la cátedra, su necesidad: un modelado 3D del vehículo, carrocería y chasis del triciclo, disponible a fin de 2012.
Como Input principal, el grupo ha presentado a la cátedra las definiciones en cuanto dimensiones y estilo del triciclo sobre el que se está trabajando, ése fue el punto de partida para el trabajo de modelado y la caracterización de las cinco etapas de cada eje de trabajo.
Pero para ello será preciso antes, iniciar a los alumnos en la profundidad del proyecto compartiendo con las cátedras información que va desde el Estado del Arte de esta actividad hasta particularidades en cuanto a las características técnicas esperadas y el estilo deseado del diseño.

3.4. Los Ejes y las Etapas:
A fin de lograr un buen diálogo entre el Proyecto TEA y la cátedra de Diseño 3D, se delinearon estrategias de trabajo dentro de la Cátedra que finalmente se cristalizaron en cuatro ejes de trabajo que cruzan todo el año y en cuya redacción han participado los alumnos activamente. A la vez, cada eje de trabajo está fragmentado en cinco etapas que van desde el conocimiento nulo hasta la capacidad de transferencia de lo aprendido.
Para la redacción de estos Ejes de Trabajos, que tienen validez de objetivos a alcanzar hacia fin de año y en base a los cuales están redactados los dos Parciales y trabajo final de la materia, se comenzó a reflexionar sobre el papel del ingeniero de producto en la industria desde la clase 1 del curso 2012. Una herramienta ha sido de gran ayuda para ello, fue el análisis detallado del ciclo de vida de un producto y las incumbencias del 3D en él. Otra muy potente, han sido la lectura en clase de ofertas laborales publicadas en diversos portales de búsquedas laborales en la web.
Una lectura pormenorizada y reflexiva de esas búsquedas, permitió comenzar a pensar cuál sería su papel como ingenieros en el campo de juego profesional y cuáles las aptitudes que es importante desarrollar en el aula para luego conseguir la transferencia de lo aprendido en la praxis. Además y por sobre todas las cosas se buscó mostrar a los alumnos el papel protagónico que poseen dentro de la cátedra.
Quedaron así definidos cuatro ejes.

Eje 1: es el relacionado al manejo de software CAD 3D.
Eje 2: La interacción con los procesos de fabricación.
Eje 3: la interacción con los procesos de cálculo y verificación
Eje 4: Aspecto Comportamental.

Un punto muy alentador es que al momento de trabajar sobre la definición de objetivos para el eje 4, los dos grupos de jóvenes que componen los dos cursos, han coincidido espontáneamente y sin conocer un grupo la visión del otro, en la importancia de incluir en este eje, el cuidado de la ética profesional, la protección al cliente, y el medio ambiente.
Ahora bien, los objetivos de cada eje no son binarios, sino que implican un progreso sobre cada uno de ellos que va desde el conocimiento nulo hasta la excelencia.

Etapa 1: Conocimiento nulo. Esta etapa es la esperable al comienzo del año, a pesar algunas excepciones, más del 80% de los alumnos que comienzan el curso lectivo desconocen el alcance del materia o tienen concepciones erradas de sus incumbencias en el ciclo de vida de un producto.

Etapa 2: Es el momento donde se traspasa ese umbral de conocimiento y hay una puesta en común de la temática de la materia y sus distintos outputs.
Etapa 3: Domino. La información ya circula de manera fluido y hay un acuerdo sobre la dinámica de clase. Puede decirse que la relación alumnos-docente está consolidada.
Etapa 4: Autonomía. Los alumnos son capaces de resolver cualquier diseño que se les plantea y cuya dificultad es acorde a un usuario free-lance de CAD.
Etapa 5: Transferencia. El alumno es capaz de jugar el juego completo en cualquier escenario.

A continuación presentamos una tabla donde se plasman los cuatro ejes y las cinco etapas.

Tabla 1 *Ejes de Trabajo y Etapas*

		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
	Tópico	**Conocimiento Nulo**	**Umbral**	**Dominio**	**Autonomía**	**Transferencia**
Eje 1	Herramientas de modelado en 3D: Modelado de piezas sólidas y en Superficie. Ensamble de conjuntos Confección de planos 2D		Conocer qué es un CAD 3D paramétrico y sus diferencias	Capacidad para modelar en 3D y 2D piezas sencillas con asistencia para "partes difíciles" en clase.	Capacidad de modelar con solvencia y autonomía piezas complejas en 3D	Capacidad de aplicar lo aprendido en escenarios desconocidos.
Eje 2	Interfase con Procesos de Fabricación : Ajustar el diseño de acuerdo al proceso de fabricación. CAM		Conocimiento del ciclo de vida de un producto y las incumbencias del Modelado 3D.	Capacidad de reconcer el tipo de proceso fabricación/ montaje, asociado a la pieza modelada	Capacidad para tomar decisiones sobre el diseño tendiente a mejorar los futuros procesos en el que el producto intervenga	Ver al producto proceso como un todo, siendo capaz de intervenir en ambos para optimizar esa relación.
Eje 3	Interfase con Procesos de Verificación: Verificación de la Maqueta numérica: Simulación/Cálculo por elemento finito Animación de cinématica Verificación de la pieza física: Medición en MMC			Conocimiento de los inputs y outputs que se intercambian con estas actividades	Capacidad de interpretar la información recibida	Toma de decisiones sobre el modelado y la pieza física en fucnión de la información recibida
Eje 4	Comportamental		Toma de conciencia acerca los actitudes esperados de un ing de producto	Internalización del concepto de Valor. (Cliente, recursos y desperdicios). Compromiso con un comportamiento ético en la profesión.	Modelar maximizando el Valor del producto de cara al Cliente. Gestion de recursos para optimizar su rendimiento.	Excelencia: Compromiso con la mejora continua

4. A JUGAR EL JUEGO COMPLETO

¿Cuál es el juego completo en el marco del diseño en tres dimensiones?, en primera instancia modelar pieza en 3D que van a estar inmersas dentro del ciclo de vida de un producto. Por ciclo de vida de un producto entendemos desde el la etapa de análisis de factibilidad de un proyecto hasta la implantación del producto en el mercado y su posterior obsolescencia. Dentro de esas etapas, se juega el juego completo de Diseño 3D.
La parte principal, la más visible, aquella que puede ser identificada como, en palabras de Perkins, como el juego para principiantes, es el modelado en tres dimensiones a través de un soft de CAD específico, por ejemplo Solidworks o Solid Edge.
Esa característica, la más visible de la actividad, es sólo la versión simplificada del juego del CAD 3D. Existe un diálogo con otras actividades que es importante que el alumno conozca y sea capaz de dominar para dar el salto en su forma de pensamiento y aprendizaje.
El problema con el que nos encontramos es como conseguir que el alumno conozca al mismo tiempo de manera robusta el resto de las actividades. Primero, porque no es el fin de la materia dictar un curso sobre Mecanizado asistido por computadora o Metrología 3D y segundo, por una limitación de calendario. Para salvar esta dificultad y dotar al alumno de capacidades que le permitan desarrollar las tareas de Diseño en tres dimensiones en un contexto industrial, es decir, jugar el juego completo a partir de una versión para principiantes, la clave está, entendemos, en lograr una buena transferencia de lo aprendido. Es decir, alcanzar un aprendizaje pleno en el aula que permita aplicar esos

conceptos en escenarios totalmente nuevos en su desempeño como profesional a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto. Quiere decir, que estamos persiguiendo dotar al alumno de un conocimiento de la disciplina que le permita, no sólo desempeñarse como modelador en tres dimensiones, sino que además poder interactuar con esta actividad si como profesional le toca hacerlo desde algunos de los sectores que ofician como clientes o proveedores de nuestra disciplina. Ya sea como ingeniero de compras o ventas, como metrólogo, como ingeniero de proceso interviniente en la de fabricación o ensamblado alguna de las múltiples posibles áreas que dialogan con el 3D.
Una buena herramienta para alcanzar la óptima transferencia de lo aprendido en el aula, estamos convencidos, es el modelado de esta carrocería y chasis en 3D en el contexto de las tareas del Grupo de investigación del TEA. Esto nos permitirá aplicar lo aprendido sobre nuestro métier, nos abre la puerta a la articulación entre lo académico y lo profesional, pudiendo simular cómo funciona la situación de desempeño de la actividad en la vida profesional y además permite pensar sobre la propia transferencia y en última instancia, sobre el proceso mismo de aprendizaje. Así como a principio de año se trabajó junto a alumno para definir ejes de trabajo, hacia el fin de año se tendrá la oportunidad de evaluar cómo esa transferencia de lo aprendido se logra y sobre cómo aplicarlo a otras instancias de aprendizaje, dentro y fuera de la universidad.

4.1. El problema de la transferencia (Cómo jugar al Croquet en el jardín de la Reina de corazones)

Muchas veces, cuando el alumno debe aplicar lo aprendido en el aula, luego en su vida profesional, la sensación puede asemejarse a aquello que siente la Alicia de Carroll cuando la Reina de Corazones la invita a jugar un juego de Croquet.
Alicia conoce las reglas, ha jugado varias veces una versión conservadora, o si se quiere estándar, una versión bastante simplificada de Croquet frente al escenario que se presenta ante sus ojos en el Jardín de la Reina. Su percepción del juego que tiene ante sus ojos, es mucho más caótica, tan desdibujada con respecto al juego aprendido que se le hace difícil poder comenzar a jugar. Gente corriendo sin sentido, chocando entre ellas, erizos en lugar de pelotas que cambian de posición antes que se les pueda pegar con ese flamenco que oficia de palo, y que al momento del golpe se dobla para mirarla a la cara. El terreno tampoco se parece al conocido, es irregular con límites incierto, no hay posiciones fijas para los arcos que son formados por los mismos soldados arqueando sus cuerpos de naipe.
El escenario que se le presenta nada tiene que ver con el que Alicia conoció mientras aprendía el juego, del mismo modo el primer encuentro con una práctica profesional real puede resultar tan distante de lo visto en el aula.
Si Alicia lograr jugar el juego, entender su lógica y dominar las herramientas a punto tal comprender cuando es el mejor momento para pegarle al erizo con el flamenco que lleva debajo de su brazo para que este no se doble, es porque fue capaz de transferir lo que ella conoce del Croquet y aplicarlo a ese nuevo escenario[3]. Ahora bien, cómo lograr que el alumno, pueda traspasar esa primera instancia de desorientación y poder aplicar lo aprendido a esa nueva instancia. El modelado del TEA, ya lo dijimos, es una oportunidad para ello pues nos permitirá simular un partido de Croquet, no tan caótico como el que juega Alicia y parecido al que deberá jugar como ingeniero de producto, pero sí lo suficientemente complejo como para alentarlo a reflexionar sobre el juego completo del modelado 3D y comenzar a dominar cualquier escenario que se le presente.

4.2. Dinámica de clases

Para lograr esta transferencia de la que hablamos, para jugar un juego de Croquet complejo y un poco caótico, para jugar de visitantes en el campo profesional sin que ningun escenario desconocido resulte intimidante, va a ser preciso estructurar el dictado de clases para que represente de alguna manera ese campo de juego distinto al aula.
Desde lo operativo el año fue divido en dos. Un primer cuatrimestre donde el objetivo es dotar a los alumnos de las herramientas para jugar un juego de principiantes, donde los alumnos aprenden a

[3] El juego era tan confuso que nunca sabía si era o no su turno. De modo que fue en busca de su erizo. El erizo estaba trabado en lucha con otro y Alicia pensó que ésta era una excelente ocasión para bochar uno con el otro.

tener dominio de las herramientas de CAD 3D, particularmente Solid Edge y Solidworks y un segundo donde se intenta reproducir en pequeña escala el ámbito y la dinámica profesional.
Esta primera fase del año, estará regida por el eje 1 de trabajo, el dominio de las herramientas CAD 3D. Una estrategia para alcanzar ese fin es comenzar a trabajar con piezas de geometrías sencillas que se resuelven en clase y luego proponer ejercicios de dificultad media a resolver en TP domiciliarios, cuyas dudas son tratadas en las sucesivas clases que van desde la entrega del enunciado hasta la fecha de devolución por parte del alumno (nunca menor a tres semanas).
En el segundo cuatrimestre, el plan es formar grupos que representen la división de tareas del modelado de tareas en la vida profesional. Así pues, se ha planteado la formación de equipos encargados del modelado de la carrocería, del chasis, y de los trenes delantero y trasero. Un gran equipo estará conformado por la carrocería y el chasis, dentro de éste, trabajaran subgrupos encargados de responder por la cara delantera, trasera, laterales y la estructura del chasis. En lo que se refiere a la parte de los trenes, dos subgrupos tendrán a cargo trabajar, uno sobre el tren delantero y otro sobre el tren trasero.
Además de estos equipos se contempla un tercero encargado de la formación del ensamble total del 3D, recibiendo los subconjuntos de cada equipo. Como parte de las tareas de este último se encuentran además, seguimiento de la planificación de las tareas del proyecto y simulación de componentes comprometidos por elemento finito.

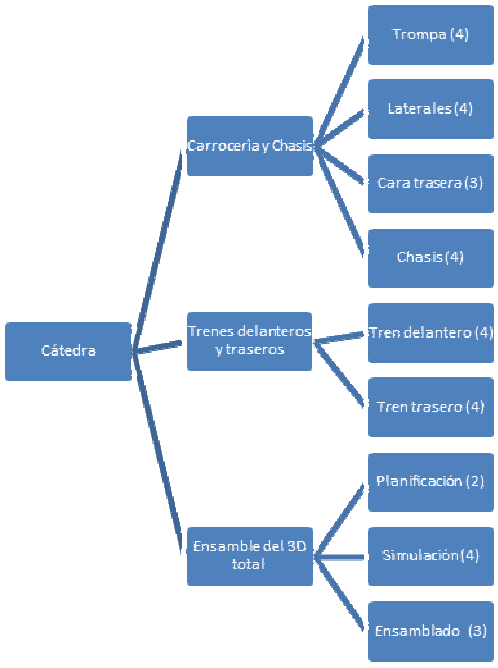


Figura 2 *Organigrama de Equipos*

Esquemáticamente, cada uno de estos tres equipos tendrá objetivos a alcanzar con estrategias específicas para alcanzar cada uno de ellos. Si llamamos Visión: a la causa que propicia la formación del mismo; Misión, al objetivo propiamente dicho y estrategia al camino para alcanzarlos, será posible definirlos del siguiente modo para cada uno de los equipos:

Equipo 1 (Carrocería y Chasis):
- Visión: Modelado de la carrocería y el chasis del TEA
- Misión: Entregar los 3D y 2D al final de 2012
- Estrategia: Crear cuatro subgrupos de trabajo encargados uno de la trompa, otro del modelado de los laterales, un tercero de la parte trasera de la carrocería y el cuatro del chasis. El equipo tendrá un líder, encargado de conservar una visión global de cara al grupo TEA y a la cátedra

y a su vez asegurar la buena dinámica dentro del equipo. Cada subgrupo trabaja de forma individual sobre su perímetro e intercambia información como una sola unidad con el Equipo 3 de Ensamble. Los trabajos se realizarán parte en el aula y parte como trabajos domiciliarios.

Equipo 2 (Trenes delanteros y trasero):

- Visión: Modelar los trenes delanteros y traseros del TEA
- Misión: Entregar los 3D y 2D al final de 2012
- Estrategia: Crear dos subgrupo de trabajo encargados de cada uno de los trenes. El equipo tendrá un líder, encargado de conservar una visión global de cara al grupo TEA y a la cátedra y a su vez asegurar la buena dinámica dentro del equipo. Cada subgrupo trabaja de forma individual sobre uno de los trenes e intercambia información como una sola unidad con el Equipo 3 de Ensamble. Los trabajos se realizarán parte en el aula y parte como trabajos domiciliarios.

Equipo 3 (Ensamble del 3D Total):

- Visión: Construir la maqueta 3D del TEA
- Misión: Supervisar el cumplimento de la planificación de entregas de output de cada equipo. Emitir información sobre la conformidad del diseño de las piezas modeladas por los equipos 1 y 2. Entregar los 3D y 2D de conjunto al final de 2012
- Estrategia: Crear tres subgrupos de trabajo encargados, uno de asegurar el cumplimiento de la planificación, otro encargado de realizar los cálculos por elementos finitos para emitir la información sobre la conformidad del diseño y otro que se ocupa de ensamblar el conjunto final, asegurando los juegos y aprietes correctos entre los distintos componentes. El equipo tendrá un líder, encargado de conservar una visión global de cara al grupo TEA y a la cátedra y a su vez asegurar la buena dinámica dentro del equipo. Cada subgrupo trabaja de forma individual e intercambia información como una sola unidad con los Equipos 1 y 2. Los trabajos se realizarán parte en el aula y parte como trabajos domiciliarios.

4.3 La determinación de la cantidad de integrantes de los equipos:

La constitución de los equipos será realizada involucrando a los dos cursos de que la materia dicta los días sábado y respetando en la medida de lo posible, los intereses y actitudes de cada alumno.
Para esto, serán consultados a través de una encuesta Web sobre sus intereses y conocimientos previos. Eso, más la evaluación permanente de su desempeño en clase, se consolidirá la información necesaria para el armado de los equipos.
Se presenta a continuación, un gráfico de asistencias realizado durante 2011, que forma parte de un seguimiento estadístico realizado durante tres años por parte de la cátedra y que forma parte de indicadores de gestión internos de la misma. El fin de esta tabla es conocer el número de alumnos que trabajan en TP y exámenes hasta fin de la cursada.

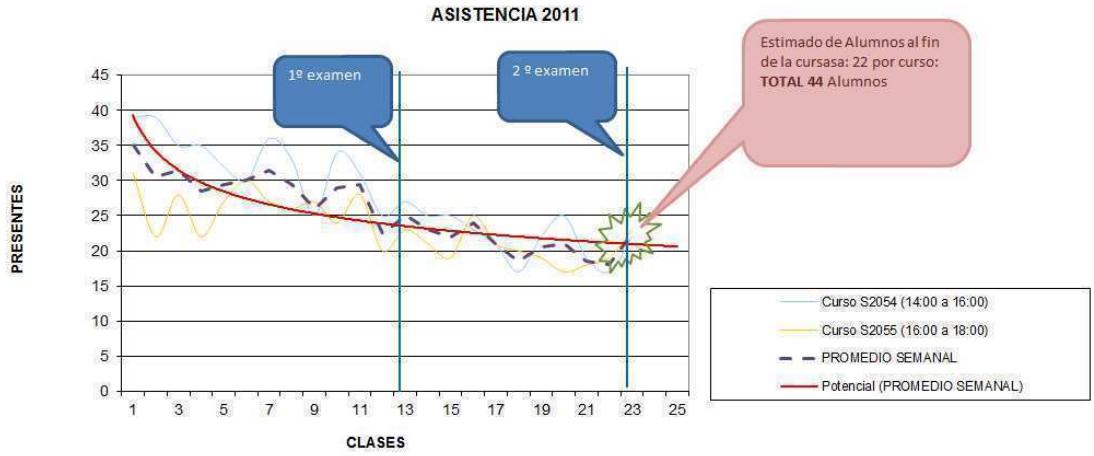


Figura 3 *Curva de asistencias 2011*

A partir de estas curvas, es posible pronosticar que de una lista de inicial de inscriptos, concluirán con éxito la cursada el 56%. Otro dato importante que surge del gráfico es que después del primer parcial, las curvas de asistencia del primer y segundo curso van convergiendo a valores similares de asistencias con tendencia a estabilizarse sobre el valor ya mencionado.
Con esa información y considerando la cantidad de inscriptos en 2012, se prevé un total de alumnos participantes en el Proyecto TEA de treinta y cinco. Y es por ello también, que los equipos recién se consolidan al final del primer cuatrimestre luego del primer examen realizado. La distribución por cada equipo, puede verse en el organigrama de la Fig 2 como el número entre paréntesis en cada bloque. El número de participantes por cada equipo fue determinado en base a la complejidad del trabajo a realizar y buscando nivelar la cantidad de integrantes para tener un número que permitan una adecuada dinámica de equipo.

4.4 Planificación de clases

La planificación contempla 15 clases del segundo cuatrimestre con los grupos ya fueron consolidados en el final del primer cuatrimestre.
Al igual que un Tp domiciliario, las tareas deberán ser realizadas durante semana para trabajar los puntos duros y dudas durante las clases. Es decir, la planificación que se muestra debajo en la fig 4 no es un plan de clases sino del modelado del 3D del TEA.
Paralelo a esto, existirán clases que apunten a reforzar los ejes 2, 3 y 4, vigilando la el progreso por las distintas etapas, de la 1 a la 5.

	Task Name	Duration	Start	Finish	Predeces
1	**MODELADO TEA**	**80 days**	**Sat 04/08/12**	**Thu 22/11/12**	
2	Seminario TEA	0 days	Sat 04/08/12	Sat 04/08/12	
3	Puesta en fase de información	2 wks	Sat 04/08/12	Thu 16/08/12	2
4	Análisis de planos y geometría	2 wks	Sat 04/08/12	Thu 16/08/12	2
5	Lista de componentes	0 days	Thu 16/08/12	Thu 16/08/12	4;3
6	Definción de características técnicas de los componentes críti	2 wks	Fri 17/08/12	Thu 30/08/12	5
7	Modelado 3D	7 wks	Fri 17/08/12	Thu 04/10/12	5
8	Entregas de primer nivel de 3D	0 days	Thu 04/10/12	Thu 04/10/12	7;6
9	1º Analisis de interferencias	2 wks	Fri 05/10/12	Thu 18/10/12	8
10	Cálculo por elemento finito	2 wks	Fri 05/10/12	Thu 18/10/12	8
11	Corrección de 3D	1 wk	Fri 19/10/12	Thu 25/10/12	9;10
12	2º Análisis de interfernecias	1 wk	Fri 26/10/12	Thu 01/11/12	11
13	Consolidación del 3D definitivo	1 wk	Fri 02/11/12	Thu 08/11/12	12
14	Entrega de los 3D	0 days	Thu 08/11/12	Thu 08/11/12	13
15	Realización de 2D de componentes	2 wks	Fri 09/11/12	Thu 22/11/12	14
16	Realización de 2D de conjunto	2 wks	Fri 09/11/12	Thu 22/11/12	13
17	Entrega de los 2D	0 days	Thu 22/11/12	Thu 22/11/12	15;16

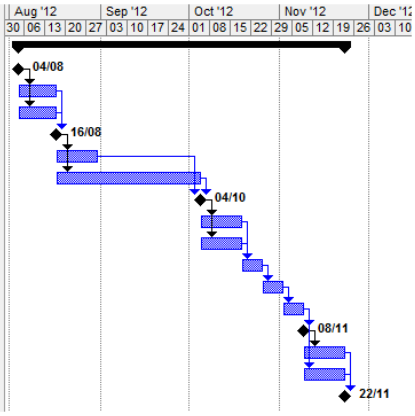


Figura 4 *Esquema de ciclo de vida de un Producto*

Como se observa, sobresalen cinco fechas:
04 de agosto, 16 de agosto, 04 de octubre, 08 de noviembre, 22 de noviembre.
Además de ser hitos en este pequeño proyecto comprendido por el modelado 3D del TEA, en esas fechas está prevista la participación en clase de al menos un representante del grupo de investigación para reforzar la imagen del destinatario final de la tarea y para tener un retorno de primera mano acerca del producto entregado.

4.5 Interacción con las otras disciplinas del ciclo de vida del TEA– Ejes y Etapas

A continuación se tratará cómo utilizar la planificación del segundo cuatrimestre y su relación con el TEA para trabajar los ejes planteados en el primer cuatrimestre.
Ya se ha mencionado que el eje 1 fue trabajado fuertemente durante la primera mitad del año, a fin de poner al alance de los alumnos las herramientas necesarias para modelar con robustez piezas mecánicas. Es decir, hacia el final del primer cuatrimestre el objetivo es haber alcanzado la Etapa 3(Domino) del Eje 1.
También se ha tratado a través de lecturas y diálogos en el aula el eje 4- Comportamental, y se espera que hacia el final del primer cuatrimestre los alumnos se encuentren transitando la Etapa 2- Umbral.
En función de lo anterior, la temática del primer parcial, apunta a evaluar si los alumnos han alcanzado el nivel de domino esperado.
Durante el segundo cuatrimestre, gracias a la interacción con el Grupo TEA, surge una muy buena oportunidad para tratar la gran mayoría de los tópicos de los ejes 2 y 3. Según la planificación hay una primera fase donde el alumno se va a interiorizar del proyecto TEA con mayor profundidad y se trabajará en el interior de cada equipo para entregar la geometría 3D según el perímetro de piezas que le fuere asignada. Durante este período se continuará trabajando en Eje 1- CAD y más profundamente el Eje 4- Comportamental. Acto seguido deberá entregarse al equipo de verificación geométrica ese modelado, y este último deberá calcular por elemento finito las piezas críticas, las más solicitadas e identificadas durante la tarea de identificación de piezas críticas. Con lo anterior se estará trabajando el Eje 2- Cálculo por elemento finito.
Una vez que el 3D es congelado, que existe una versión definitiva del mismo, los equipos comienzan a trabajar en volcar a los 2D las características técnicas y funcionales de los componentes. El trabajo de confección de los planos 2D, son una oportunidad para reflexionar sobre todo el proceso de fabricación de la pieza y del Triciclo como tal y así forma trabajar los Ejes 2- Fabricación. Por otro lado al deber volcar al plano la información útil para controlar dimensional y funcionalmente la pieza, se estará aplicando los conocimientos relacionados con el Eje 3- Verificación en las Etapas de Umbral y luego Dominio.

5. CONCLUSIONES.

Hacia el fin del cuatrimestre, los alumnos habrán transitado quince semanas donde habrán podido experimentar una versión intermedia del Juego del Diseño en 3D y esperamos, estarán más dotados para aplicar lo aprendido a nuevos desafíos. No serán expertos usuarios universitarios de un software de CAD 3D que tal vez en algunos años resulte obsoleto, en cambio serán futuros ingenieros capaces de dialogar con esta disciplina de CAD 3D, ya sea que les toque hacerlo desde el área del producto, el proceso, las ventas, las compras, la planificación o cualquiera otra etapa del ciclo de vida de un producto.
Como parte de ese ciclo de mejora continua, de este juego de nunca acabar que es el aprendizaje, está previsto utilizar el segundo parcial de la materia para dar un cierre al proceso transitado por alumnos, docentes e investigadores, instando a los alumnos a reflexionar allí acerca del proceso de aprendizaje llevado a cabo durante el año 2012. Supervisando cuan cerca de la etapa 5 se habrá llegado.
Es nuestro objetivo haber contribuido a despabilarlos en cuanto a su predisposición para el aprendizaje, alentarlos a reflexionar sobre cómo aprender a aprender, dentro y fuera de la universidad. Si eso ocurre, los docentes de esta cátedra habremos dado un paso importante también en nuestro propio proceso de aprender a enseñar.

6. REFERENCIAS.

[1] Maggio, Mariana. (2012). *Enriquecer la enseñanzal Los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad*. Buenos Aires. 1º Ed. Paidós.
[2] Perkins, David. (2010). *Principios de la enseñanza para trasnformar la educación*. Buenos Aires. 1º Ed. Paidós.
[3] Soriano, Osvaldo. (2010). *Arqueros, ilusionistas y goleadores*. Buenos Aires. 5º Ed. Seix Barral.
[4] Carroll, Lewis. (1993). *Alicia a través del espejo*. Buenos Aires. 13º Ed. Alianza.
[5] Covey, Stephen. (2009). *El líder interior. Cómo transmitir e inspirar los valores que conducen a la grandeza*. Buenos Aires. 1º Ed. Paidós.
[6] Blanchard, Ken. (2006). Trabajo en Equipo- GoTeam. Ed. Deusto.
[7] Lerma Kirchner, Alejandro; (2010). Desarrollo de Nuevos Productos. 4° Edición. Cengage Learning. México.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a todos los integrantes del Grupo de investigación TEA y los alumnos de la curso lectivo 2012 de la materia Diseño en 3D de la carrera Ing. Mecánica.

Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica
III CAIM 2012

Obtención del Modelo Cinemático Inverso en Manipuladores Robóticos Industriales mediante el uso de Matrices de Transformación Homogénea

Hossian Alejandro*, Nazar Javier[1], Schmidt Brian[2]

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Neuquén.
Juan Manuel de Rosas y Soufal – Ciudad de Plaza Huincul – Pcia de Neuquén – Argentina.
alejandrohossian@yahoo.com.ar*
javier.nazar.utn@gmail.com[1]
brians444@hotmail.com[2]

RESUMEN.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación y desarrollo con asentamiento en el departamento de Ciencias Básicas de la Facultad Regional Neuquén de la Universidad Tecnológica Nacional, cuyo eje central se focaliza en introducir a los estudiantes en el campo de la Robótica Industrial, aprovechando todo el potencial que proporcionan las asignaturas del ciclo básico (Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica y Física I entre otras) para que actúen de soporte en el análisis y diseño de los *manipuladores robóticos industriales*.
El objetivo central que se propuso este grupo de investigación cuando se comenzaron los desarrollos en el campo de la robótica, es hacer uso de la variada gama de tópicos pertenecientes al cuerpo de las materias básicas de la carrera de ingeniería (Análisis Matemático I, Álgebra y Geometría Analítica y Física I entre otras asignaturas) que se aplican para modelar el funcionamiento de un brazo robótico industrial.
En este sentido, en las fases iniciales de este proyecto se aborda el desarrollo de los modelos cinemáticos directo e inverso de estos manipuladores robóticos, dejando para una fase posterior el abordaje de los modelos dinámicos; para los cuáles, es necesario poseer conocimientos más avanzados de control clásico y de mecánica del cuerpo rígido entre otros tópicos.
Para el estudio de los modelos cinemáticos el estudiante deber hacer uso de temáticas que le son familiares, tales como el cálculo matricial, el uso adecuado de los sistemas de referencia y conocimientos de trigonometría.
Se ha observado un importante número de estudiantes que manifestaron un alto grado de motivación con la puesta en práctica de este proyecto, y ello se debe, fundamentalmente, a la posibilidad de estudiar un campo disciplinar muy actual como es la Robótica de Manipuladores haciendo uso de contenidos básicos en etapas tempranas de la carrera de ingeniería.

Palabras Claves: Brazo Robótico, Matriz de Transformación, Modelo Cinemático Directo, Modelo Cinemático Inverso.

1. INTRODUCCIÓN.

A comienzo de la década de los sesenta los robots industriales han conseguido superar serias dificultades tanto de carácter tecnológico como socioeconómico, alcanzando un grado de madurez interesante promediando los años noventa que es cuando comienza a estabilizarse su demanda y obtienen un pleno reconocimiento en los ámbitos de la industria [1].
Además de la gran influencia que posee el campo de la robótica en los entornos industriales, ahora se suman sectores como la robótica de servicios profesionales y la robótica de servicios personales. En el primer segmento se encuentran los robots para cirugías, limpieza de tuberías, vigilancia, etc; y con respecto al segundo, se espera que este haga que la industria de la robótica evolucione tal como lo hizo la industria de los ordenadores hace unos treinta años [2].

1.1. Antecedentes.

En función de lo expuesto, la robótica constituye un campo en pleno auge y la formación de profesionales de la ingeniería en las diferentes ramas de la mecánica, automatización, informática y electrónica entre otras, no puede ni debe permanecer ajeno a esta situación. En tal sentido, en diferentes países industrializados la robótica forma parte del cuerpo de conocimientos que debe poseer un ingeniero en estos tiempos [4].
En línea con estos conceptos se comienzan a gestar los antecedentes del presente trabajo, siendo el principal soporte del mismo las primeras investigaciones llevadas a cabo por el grupo de investigaciones primario que se formó en esta casa de estudios en el área de robótica de navegadores. Actualmente, este grupo se ha ampliado conformando un *"Grupo de Investigación en Robótica Aplicada"* que ha incluido la temática correspondiente a la robótica industrial; más específicamente el análisis cinemático y dinámico de los brazos robóticos.

1.2. Objetivos.

Además de los objetivos de carácter didáctico – pedagógico expuestos en el resumen del presente artículo, también se pretende avanzar en los desarrollos teórico – prácticos que realiza el grupo a los efectos de abordar la realización de modelos cinemáticos de una complejidad gradual, para luego comenzar con el estudio del modelo dinámico del brazo y poder obtener un primer prototipo en escala real.
Teniendo en cuenta que se conocen los principales contenidos que necesita el estudiante para el abordaje de los primeros desarrollos de modelos cinemáticos de brazos robóticos, es que se presenta una breve descripción de las herramientas analíticas para al análisis del caso que se estudia.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En una primera fase del proyecto el equipo de investigación focaliza sus investigaciones en el estudio de la *"Cinemática de un Brazo Robótico"*, para obtener el *"Modelo Cinemático Directo"*, el cual consiste en determinar cual es la posición y orientación del extremo final del robot con respecto a un sistema de referencia, conocidos los valores de las articulaciones y los parámetros geométricos de los elementos del robot (variables angulares y longitud de eslabón); y del ***"Modelo Cinemático Inverso"***, cuyo objetivo consiste en hallar los valores que deben adoptar las coordenadas articulares del robot para que el extremo de este adopte una posición y orientación determinadas [3]. En el presente artículo se analiza un caso de manipulador robótico comenzando por el análisis y la obtención de su modelo cinemático directo por medio de las matrices de transformación homogénea; para luego abordar el mismo caso de manipulador, pero suponiendo conocidos los correspondientes valores de la posición y orientación de su extremo, para poder obtener los valores de las coordenadas articulares del robot; obteniendo así su modelo cinemático inverso, que es el objetivo central de esta propuesta.
La resolución de este problema no es trivial, ya que el procedimiento de obtención de las ecuaciones está íntimamente relacionado con la configuración del robot y, por lo general, dicha solución no resulta ser única, dado que pueden existir diversas n – uplas correspondientes a las coordenadas articulares que proporcionan una misma posición y orientación para el extremo del robot [5]. En figura 1 se puede visualizar los objetivos que se desean cumplir a la hora de abordar la resolución del problema cinemático directo y el problema cinemático inverso. En el primer caso se desea obtener la posición y orientación del robot conocidas las coordenadas articulares; mientras que en el segundo caso, se desea saber cuáles deben ser estas coordenadas a partir del conocimiento de la posición y la orientación que debe alcanzar el extremo del robot.

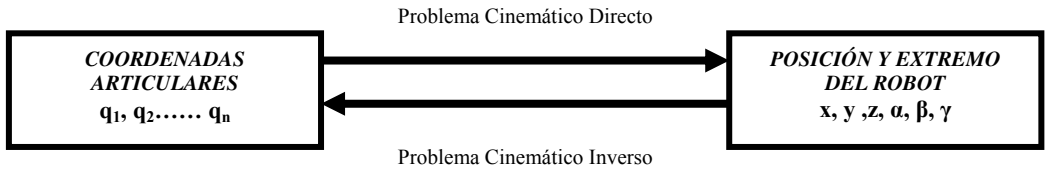


Figura 1 *Vinculación entre el Problema Cinemático Directo y el Problema Cinemático Inverso [1]*

En el presente trabajo se realiza el análisis de un manipulador robótico a partir de la obtención de la *"Matriz de Transformación Homogénea"*, que ya fue utilizada por este equipo de investigación para la obtención del modelo cinemático directo.

3. HERRAMIENTAS ANALÍTICAS Y MECÁNICAS.

Para resolver el modelo cinemático inverso, se utilizan herramientas de carácter analítico y mecánico que debe hacer uso el estudiante para abordar el problema. En la subsección 3.1 se explican las *"Matriz de Transformación Homogénea"*; asumiendo conocidos los tópicos relacionados con el cálculo matricial, la rotación y traslación de sistemas de referencia y la obtención de las matrices de rotación y traslación que definen la posición y orientación de un sistema de referencia con respecto a otro. En la subsección 3.2 se explican los conceptos fundamentales para la conformación de un robot manipulador; tales como la noción de articulación, cadena cinemática y grados de libertad.

3.1. Matriz de Transformación Homogénea.

Estas matrices permiten la representación conjunta de la posición y orientación de un sólido en el espacio introduciendo las llamadas coordenadas homogéneas, donde un elemento de un espacio n – dimensional se representa por (n + 1) dimensiones. Un vector r (x, y, z) se representa como r (wx, wy, wz), donde w posee un valor cualquiera y representa un factor de escala. Un vector como r = a**i** + b**j** + c**k** en un sistema de referencia OXYZ, se puede representar en coordenadas homogéneas:

$$r = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} aw \\ bw \\ cw \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ 1 \end{bmatrix}$$

Un vector como el 4**i** + 5**j** + 2**k** se representa en coordenadas homogéneas como $[4, 5, 2, 1]^T$ o $[8, 10, 4, 2]^T$ o $[-16, -20, -8, -4]^T$, entre otros vectores. Los vectores nulos, se representan como $[0, 0, 0, n]^T$, donde n es no nulo; por su parte, los vectores de la forma $[a, b, c, 0]^T$ representan direcciones, dado que simbolizan vectores de longitud infinita [1,3]. Definidas las coordenadas homogéneas es posible definir la matriz de transformación homogénea T, como una matriz de orden 4 x 4 la cual representa la transformación de un vector de coordenadas homogéneas de un sistema de coordenadas a otro. Es decir, que una matriz homogénea se compone de cuatro submatrices de diferente orden cada una:

- Una submatriz $\mathbf{R_{3X3}}$ que se corresponde con una matriz de rotación
- Una submatriz $\mathbf{p_{3x1}}$ que se corresponde con un vector de traslación
- Una submatriz $\mathbf{f_{1x3}}$ que simboliza una transformación de perspectiva
- Una submatriz $\mathbf{w_{1x1}}$ que hace referencia a un escalado global

La figura 2 ilustra la estructura general de una matriz de transformación homogénea con sus correspondientes submatrices:

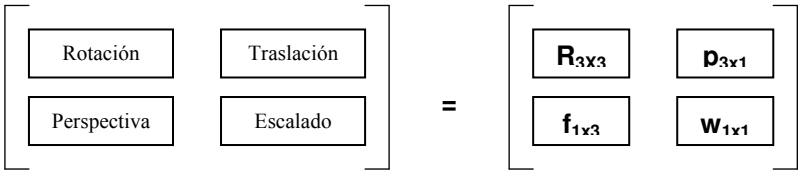


Figura 2 *Matriz de Transformación Homogénea con sus submatrices*

Dentro del campo de la robótica es usual que solo interese conocer las matrices $\mathbf{R_{3X3}}$ y $\mathbf{p_{3x1}}$, asumiendo que son nulas las componentes de $\mathbf{f_{1x3}}$ y la unidad para $\mathbf{w_{1x1}}$.
En el contexto de las aplicaciones en el campo, al ser una matriz de cuarto orden (4 x 4), los vectores sobre los que se aplique deben ser de cuatro dimensiones; siendo estas las coordenadas homogéneas del correspondiente vector tridimensional.
La figura 3 ilustra la estructura de una matriz de transformación homogénea en el contexto de la aplicación al campo de la robótica y con sus correspondientes submatrices:

$$\begin{bmatrix} \text{Rotación} & \text{Traslación} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R_{3X3}} & \mathbf{p_{3x1}} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{bmatrix}$$

Figura 3 *Matriz de Transformación Homogénea en el contexto de la aplicación en robótica*

Estas matrices se pueden aplicar para la traslación y rotación de un sistema de referencia con respecto a otro. Si se tiene un sistema O'UVW que se halla trasladado un vector r = a**i** + b**j** + c**k** con respecto a un sistema OXYZ, tal como se ilustra en figura 4, su matriz homogénea de traslación (denominada matriz básica de traslación) es:

$$\mathbf{T(r)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Tal como se puede observar, la submatriz de rotación correspondiente a la matriz T(r) es la matriz unitaria, dado que T(r) solo representa un movimiento de traslación.

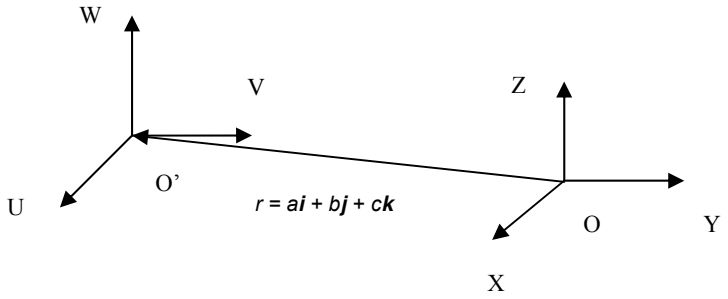


Figura 4 *Sistema O'UVW que se halla trasladado un vector r = a**i** + b**j** + c**k** con respecto a un sistema OXYZ*

Con la matriz de traslación T(r), un vector cualquiera p representado en el sistema O'UVW por p [p_u, p_v, p_w], es posible expresarlo en el sistema OXYZ por medio de las componentes p [p_x, p_y, p_z], las cuales se obtienen de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} px \\ py \\ pz \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} pu \\ pv \\ pw \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} pu + px \\ pv + py \\ pw + pz \\ 1 \end{bmatrix}$$

Si el sistema O'UVW se halla solo rotado con respecto a un sistema fijo OXYZ, entonces la submatriz $\mathbf{R_{3X3}}$ es la que define la rotación. En este sentido, se tienen tres matrices homogéneas básicas de rotación donde cada una de las cuales representan rotaciones distintas según el eje coordenado X (un ángulo α) o Y (un ángulo β) o Z (un ángulo γ); las cuales son:

$$\text{Rotx } (\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -sen\alpha & 0 \\ 0 & sen\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \text{Roty } (\beta) = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & sen\beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -sen\beta & 0 & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \text{Rot } (\gamma) = \begin{bmatrix} \cos\gamma & -sen\gamma & 0 & 0 \\ sen\gamma & \cos\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Se ve que cada uno de los vectores de traslación correspondientes a cada una de las matrices de rotación es el vector nulo, dado que estas matrices solo representan movimientos de rotación respecto a cada uno de los ejes X, Y, Z. La figura 5 muestra los sistemas OXYZ y OUVW coincidentes y las figuras 6, 7 y 8 representan las respectivas rotaciones.

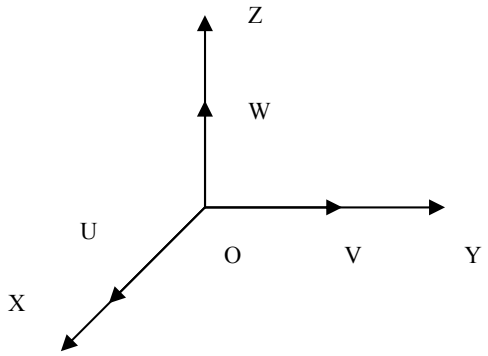


Figura 5 *Sistemas OXYZ y OUVW coincidentes*

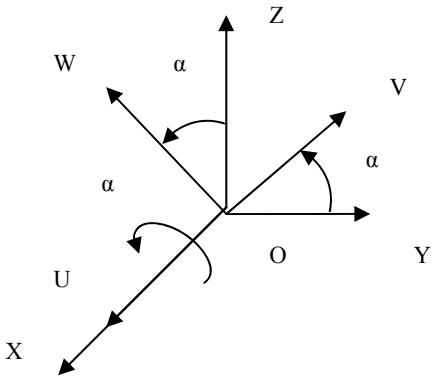


Figura 6 *Rotación de un ángulo α del sistema OXYZ con respecto al eje X obteniendo el sistema OUVW*

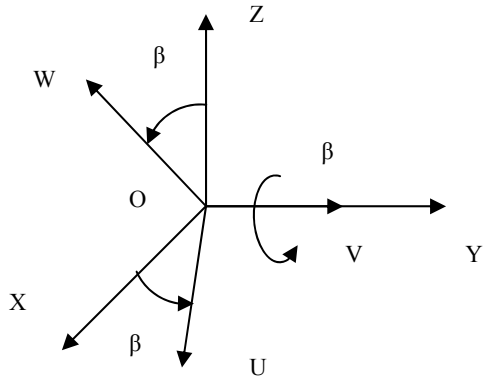


Figura 6 *Rotación de un ángulo β del sistema OXYZ con respecto al eje Y obteniendo el sistema OUVW*

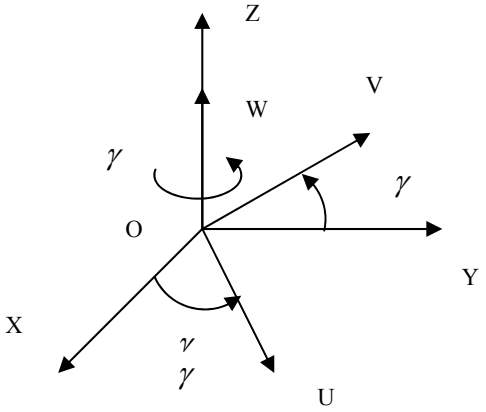


Figura 7 *Rotación de un ángulo γ del sistema OXYZ con respecto al eje Z obteniendo el sistema OUVW*

3.2. Estructura mecánica de un Robot Manipulador.

Tal como se puso de manifiesto en el comienzo de la sección 3, el Álgebra Vectorial y Matricial constituyen las herramientas fundamentales para representar y describir la localización de un objeto en el espacio con respecto a un marco de referencia fijo [6, 7]. Por otra parte, desde el punto de vista de su estructura mecánica, un robot como el que se estudia en este trabajo puede ser representado como una *"Cadena Cinemática"* formada por objetos rígidos llamados *"eslabones"*, los cuales se encuentran unidos entre sí por medio de articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada par de eslabones consecutivos. En otros términos, la estructura mecánica de un robot manipulador constituye una cadena cinemática [8]. Asimismo, una cadena cinemática puede ser cerrada en el caso de que sea posible acceder desde cualquiera de sus eslabones a cualquier otro por medio de al menos dos caminos posibles; mientras que en el caso de que solo exista un solo

camino posible, se dice que se trata de una cadena cinemática abierta. Este concepto se ilustra en las figuras 8 y 9.

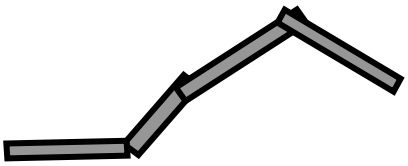


Figura 8 *Cadena Cinemática Abierta*

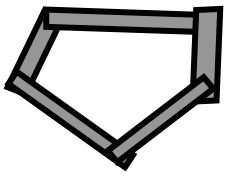


Figura 9 *Cadena Cinemática Cerrada*

En el terreno práctico, las articulaciones más utilizadas en robótica son las de rotación y prismática, las cuales se visualizan en las figuras 10 y 11. A su vez, cada uno de los movimientos independientes que puede llevar a cabo cada articulación en relación con la anterior se llama *"Grado de Libertad"* (GL); siendo que tanto la articulación de rotación como la prismática tienen un solo GL.

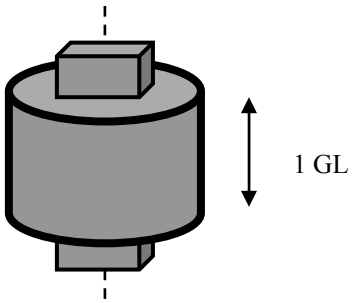


Figura 10 *Articulación Prismática*

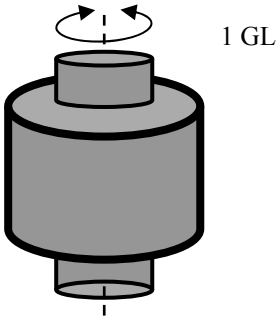


Figura 11 *Articulación de Rotación*

El número de grados de libertad (NGdL) de una cadena cinemática se obtiene por la fórmula de Grubler:

$$NGdL = \lambda\left(n - j - 1\right) + \sum_{i=1}^{j} fi \qquad (1)$$

En esta expresión se tiene que [1]:
λ: grados de libertad del espacio de trabajo (tres en el plano y seis en el espacio)
n: número de eslabones de la cadena, debiendo incluirse el eslabón fijo o base
j: número de articulaciones
f_i: grados de libertad permitidos a la articulación i
De esta forma, para la cadena cinemática de figura 4 se tiene que λ = 3, n = 4, j = 3, ($f_1 = f_2 = f_3 = 1$); con lo que el NGdL = 3. Para la la cadena cinemática de figura 5 se tiene que λ = 3, n = 5, j = 5, ($f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = f_5 = 1$); con lo que el NGdL = 2. Por lo general, los robots manipuladores están conformados por cadenas cinemáticas abiertas con articulaciones de tipo rotación o prismáticas, con un solo GL cada una de ellas; siendo simple obtener el NGdL del mecanismo robótico en su conjunto, dado que coincide con la cantidad de articulaciones que posee el mismo.

4. ANÁLISIS DE CASO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Tal como se citó en la sección anterior, un robot manipulador consiste en una cadena cinemática conformada por eslabones ensamblados por medio de articulaciones; de esta manera, se establece un sistema de referencia solidario a la base del robot con respecto al cual es posible representar la localización de cada uno de estos eslabones. Por lo general, si el manipulador está formado por n eslabones unidos por n articulaciones, este poseerá n grados de libertad donde cada par *articulación – eslabón* constituye un grado de libertad. En tal sentido, a cada eslabón se le asocia un sistema de referencia solidario al mismo y, haciendo uso del proceso de composición de las matrices de transformación homogénea, se procede a representar las rotaciones y traslaciones relativas entre los diferentes eslabones. Cabe señalar, que para componer diferentes movimientos respecto a un sistema de referencia fijo (como por ejemplo el sistema OXYZ), las respectivas matrices de

transformación homogénea se deben premultiplicar; pero si se desea componer los movimientos respecto a un sistema de referencia móvil (como por ejemplo el sistema O'UVW) las respectivas matrices de transformación homogénea se componen mediante postmultiplicación por estar definidas las transformaciones con respecto al sistema de referencia móvil. De esta forma, para obtener la matriz de transformación que represente al sistema O'UVW, el cual se obtiene a partir del sistema OXYZ por medio de un giro de 90° alrededor del eje OX y una traslación correspondiente al vector r (1, 1, 1), la secuencia de transformación es: Rotx (90°) → T (r). Como las transformaciones se definen con respecto al sistema fijo, para obtener la matriz de transformación T se deben **premultiplicar** en el orden correspondiente las siguientes matrices básicas (T (r). Rotx (90°)):

$$T = T(r).\ Rotx(90°) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Si por el contrario, se pretende obtener la matriz de transformación que represente al sistema O'UVW, el cual se obtiene a partir del sistema OXYZ por medio de una traslación correspondiente al vector r (1, 1, 1) y un giro de 90° alrededor del eje O'U, entonces la secuencia de transformación es: T (r) → Rotu (90°). Como las transformaciones se definen con respecto al sistema móvil, para obtener la matriz de transformación T se deben **postmultiplicar** en el orden correspondiente las siguientes matrices básicas (T (r). Rotu (90°)):

$$T = T(r).\ Rotu(90°) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Como se puede observar, en este caso el resultado es el mismo porque las transformaciones son similares pero respecto al sistema móvil.

Estas ideas son fundamentales para el análisis del caso que se presenta, en el cual a la matriz de transformación homogénea que representa la posición y orientación relativa entre los sistemas asociados a dos eslabones consecutivos del manipulador se la llama ${}^{i-1}A_i$. Por lo tanto, ${}^{0}A_1$ representa la posición y orientación del sistema de referencia asociado al primer eslabón con respecto al sistema de referencia solidario a la base del robot; a su vez, ${}^{1}A_2$ representa la posición y orientación del segundo eslabón respecto al primero, y así sucesivamente.

En esta línea de razonamiento, ${}^{0}A_k$ representa a las matrices que se obtienen como consecuencia de efectuar el producto de las matrices ${}^{i-1}A_i$ (variando i desde 1 hasta k), con lo cual es posible representar, total o parcialmente, la cadena cinemática que conforma el robot. De esta forma, para representar la posición y orientación del marco de referencia solidario al segundo eslabón con respecto al marco de referencia de la base se tiene lo siguiente: ${}^{0}A_2 = {}^{0}A_1 . {}^{1}A_2$. Cuando se tienen en cuenta todos los GL (por ejemplo seis), la posición y orientación del último eslabón con respecto a la base viene dada por la matriz $T = {}^{0}A_1 . {}^{1}A_2 . {}^{2}A_3 . {}^{3}A_4 . {}^{4}A_5 . {}^{5}A_6 = {}^{0}A_6$. Cabe destacar, que cada una de las matrices ${}^{i-1}A_i$ indica el cambio de base que permite efectuar el pasaje del sistema solidario al eslabón (i - 1) al marco asociado al eslabón i.

A continuación se analiza el caso de un robot manipulador que presenta la configuración mostrada en la figura 12, con sus sistemas de referencia (S_0 asociado a la base, S_1 asociado al eslabón 1 y S_2 asociado al eslabón 2), con sus matrices de transformación homogénea (${}^{0}A_1$ y ${}^{1}A_2$) y sus parámetros geométricos o coordenadas articulares (l_1, l_2, Θ_1 y Θ_2). De acuerdo (1):

$NGdL = \lambda\left(n - j - 1\right) + \sum_{i=1}^{j} fi$, para este robot se tiene que λ = 3, n = 3 (se incluye el eslabón correspondiente a la base), j = 2 y f_i = 1. Por consiguiente, el $NGdL = 3\left(3 - 2 - 1\right) + \sum_{i=1}^{2} fi = 2$

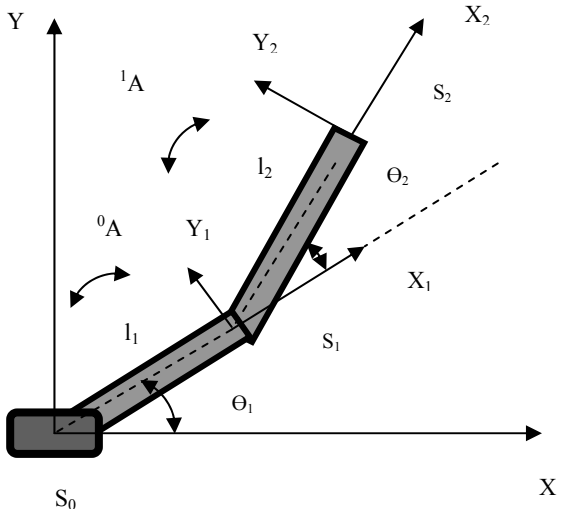


Figura 12 *Robot de dos GL con sus sistemas de referencia, matrices de transformación homogénea y parámetros geométricos*

A continuación se resuelve el ***problema cinemático directo***, el cual se circunscribe a hallar la matriz de transformación homogénea T que vincula la posición y orientación del extremo del manipulador (origen del sistema de referencia S_2) con respecto al marco de referencia S_0 solidario a la base del robot. Cabe señalar, que la matriz T estará en función de las coordenadas articulares (l_1, l_2, Θ_1 y Θ_2).
A los efectos ilustrativos y de claridad de expresión, para los sucesivos desarrollos que se abordan a continuación se considera lo siguiente: cos (Θ_1) = C_1, sen (Θ_1) = S_1, cos ($\Theta_1 + \Theta_2$) = C_{12} y sen ($\Theta_1 + \Theta_2$) = S_{12}. En el contexto del análisis del robot correspondiente a la figura 12, la transición del sistema de referencia solidario a la base del manipulador (S_0) al sistema de referencia asociado al eslabón 1 (S_1) se obtiene a partir de una rotación Θ_1 (Rotz (Θ_1)) con respecto a un eje z perpendicular al plano que contiene a ambos eslabones 1 y 2; y una traslación l_1 (T (l_1, 0, 0)) a lo largo del nuevo eje X_1 (eje paralelo al eje correspondiente al eslabón 1). Estas operaciones se expresan de la siguiente forma:

$$ {}^0A_1 = \text{Rotz}(\Theta_1).\ \text{T}(l_1, 0, 0) = \begin{bmatrix} C1 & -S1 & 0 & 0 \\ S1 & C1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C1 & -S1 & 0 & l1C1 \\ S1 & C1 & 0 & l1S1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

A su vez, para efectuar el pasaje del marco de referencia (S_1) al marco (S_2), se debe efectuar una rotación Θ_2 (Rotz (Θ_2)) en torno al eje z, seguido de una traslación l_2 (T (l_2, 0, 0)) a lo largo del nuevo eje X_2 (eje paralelo al eje correspondiente al eslabón 2). De esta manera se obtiene:

$$ {}^1A_2 = \text{Rotz}(\Theta_2).\ \text{T}(l_2, 0, 0) = \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & 0 \\ S2 & C2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & l2C2 \\ S2 & C2 & 0 & l2S2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

Obtenidas ${}^0A_1$ y ${}^1A_2$ se está en condiciones de obtener la matriz de transformación homogénea T que establece la relación entre la posición y orientación del extremo del robot con respecto al marco de referencia (S_0) solidario a la base del manipulador, la cual estará en función de las coordenadas articulares del robot (Θ_1, Θ_2, l_1 y l_2). Recordando que las transformaciones se definen con respecto a los sistemas móviles (se pasa de S_0 a S_1 y de S_1 a S_2), las correspondientes matrices de

trasformación ($^0A_1$ y $^1A_2$) se deben componer mediante postmultiplicación de la siguiente manera: T = $^0A_1$. $^1A_2$. De esta manera se obtiene la matriz T:

$$T = \begin{bmatrix} C1 & -S1 & 0 & l1C1 \\ S1 & C1 & 0 & l1S1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & l2C2 \\ S2 & C2 & 0 & l2S2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C12 & -S12 & 0 & l1C1 + l2C12 \\ S12 & C12 & 0 & l1C1 + l2S12 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La matriz de transformación homogénea T hace referencia al hecho de que si el manipulador debe tomar un objeto que está localizado en una determinada posición y con una determinada orientación respecto al sistema de referencia S_0 solidario a la base del robot. En este sentido, esta orientación está definida por la submatriz de 3x3:

$$\begin{bmatrix} C12 & -S12 & 0 \\ S12 & C12 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Para alcanzar esta orientación, el brazo robótico debe realizar en primera instancia una rotación de Θ_1 en torno al eje z y luego una rotación de Θ_2 en torno al mismo eje z; es decir, desde el punto de vista algebraico lo que se denomina: Rotz ($\Theta_1 + \Theta_2$).

Y la posición está dada por la submatriz de 3x1:

$$\begin{bmatrix} l1C1 + l2C12 \\ l1C1 + l2S12 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para alcanzar esta posición, el brazo robótico debe realizar en primera instancia una translación de l_1 a lo largo del nuevo eje X_1, seguido de otra traslación l_2 a lo largo del nuevo eje X_2.

La posición del extremo del robot respecto al sistema S_0 solidario a la base está dada por:

$$\begin{aligned} x &= l1C1 + l2C12 \\ y &= l1C1 + l2S12 \\ z &= 0 \end{aligned} \qquad (2)$$

Con base en el modelo cinemático directo ya obtenido, se aborda el mismo caso pero con la idea de obtener el modelo cinemático inverso. Se resuelve el ***problema cinemático inverso***, el cual se circunscribe a encontrar las coordenadas articulares Θ_1 y Θ_2 que permiten que el extremo del manipulador alcance una posición determinada. Por consiguiente, se conoce la localización del extremo del robot manipulador, la cual está dada por las relaciones de la expresión (2). En otras palabras, se desconoce la matriz de transformación homogénea T la cual se debe obtener a partir de la resolución del problema cinemático directo. Tal como se detalló en la sección 2 de Descripción del Problema, la resolución de este problema por lo general no es única, dado que pueden existir diversas n – uplas correspondientes a las coordenadas articulares que proporcionan una misma posición y orientación para el extremo del robot [9]. En figuras 13 y 14 se ilustran dos posibles soluciones para el caso que se analiza, lo que se llama *"codo hacia abajo"* y *"codo hacia arriba"*.

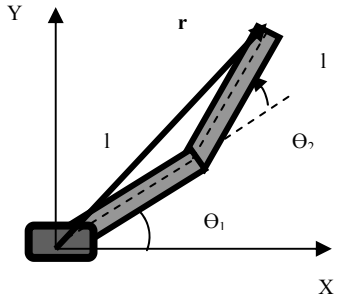


Figura 13 *Codo hacia Abajo*

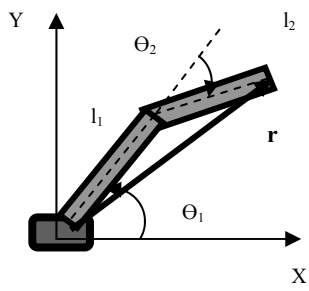


Figura 14 *Codo hacia Arriba*

Cabe recordar que cos (Θ_1) = C_1, sen (Θ_1) = S_1, cos ($\Theta_1 + \Theta_2$) = C_{12} y sen ($\Theta_1 + \Theta_2$) = S_{12}. Asimismo, en la resolución del problema cinemático directo se obtuvieron las matrices de transformación ${}^0A_1$, ${}^1A_2$ y la matriz de transformación homogénea T = ${}^0A_1$. ${}^1A_2$ = ${}^0A_2$, que si bien para la resolución del problema cinemático inverso es desconocida (se desconocen Θ_1 y Θ_2), su expresión es:

$$T = \begin{bmatrix} C12 & -S12 & 0 & l1C1 + l2C12 \\ S12 & C12 & 0 & l1C1 + l2S12 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

El vector r = (r_x, r_y, r_z) es el vector que representa la posición que debe alcanzar el extremo del manipulador y que es conocida para este caso. Por otra parte, se conoce que los elementos (1, 4), (2, 4) y (3, 4) de la matriz T se corresponden con las coordenadas r_x, r_y y r_z del vector posición r, de acuerdo a la estructura de la matriz de transformación homogénea con sus correspondientes submatrices que se detalla en la figura 2. Por lo tanto, se deben cumplir las siguientes igualdades:

$$\begin{aligned} r_x &= l1C1 + l2C12 \\ r_y &= l1C1 + l2S12 \\ r_z &= 0 \end{aligned} \qquad (3)$$

Elevando al cuadrado las dos primeras igualdades de (3) se tiene:

$$l1^2C1^2 + l2^2C12^2 + 2l1l2C1C12 = r_x^2 \qquad (4)$$

$$l1^2S1^2 + l2^2S12^2 + 2l1l2S1S12 = r_y^2 \qquad (5)$$

Sumando término a término las ecuaciones (4) y (5) se tiene:

$$l1^2 + l2^2 + 2l1l2(C12C1 + S12S1) = r_x^2 + r_y^2 \qquad (6)$$

Por trigonometría se tiene que:

cos ($\Theta_1 + \Theta_2$) cos (Θ_1) + sen ($\Theta_1 + \Theta_2$) sen (Θ_1) = cos (($\Theta_1 + \Theta_2$) − Θ_1) = cos (Θ_2) = C2

Considerando la nomenclatura utilizada se tiene lo siguiente: $(C12C1 + S12S1) = C2$ (7)

Y sustituyendo (7) en (6) se obtiene la expresión (8):

$$l1^2 + l2^2 + 2l1l2C2 = r_x^2 + r_y^2 \qquad (8)$$

De la expresión (8) se despeja C2 obteniéndose la expresión (9):

$$C2 = \frac{(r_x^2 + r_y^2 - l1^2 - l2^2)}{2l1l2} = \cos\theta_2 \qquad (9)$$

De (9) se obtiene Θ_2.

Para obtener Θ_1 se toma la ecuación matricial ${}^0A_1$. ${}^1A_2$ = ${}^0A_2$ = T y se premultiplica por ${}^0A_1{}^{-1}$ a ambos miembros; con lo que se obtiene:

$${}^1A_2 = ({}^0A_1)^{-1}.T \qquad (10)$$

La matriz de transformación ${}^1A_2$ del primer miembro de la expresión (10) ya se obtuvo en la resolución del problema cinemático directo, y la cual se expresa a continuación:

$^1A_2 = \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & l2C2 \\ S2 & C2 & 0 & l2S2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Elemento (1, 4) de la matriz $^1A_2 = l2C2$

Elemento (2, 4) de la matriz $^1A_2 = l2S2$

Del producto matricial del segundo miembro de la expresión (10) se obtiene una matriz de 4x4, de la cual también nos interesan sus elementos (1, 4) y (2, 4) para igualarlos con los de la matriz $^1A_2$, dado que ambas matrices ($^1A_2$ y $(^0A_1)^{-1}.T$) son iguales. Efectuado el producto matricial $(^0A_1)^{-1}.T$ se tiene:

Elemento (1, 4) de la matriz $(^0A_1)^{-1}.T = C1r_x + S1r_y - l1$

Elemento (2, 4) de la matriz $(^0A_1)^{-1}.T = -S1r_x + C1r_y$

Igualando los respectivos elementos (1, 4) y (2, 4) de ambas matrices ($^1A_2$ y $(^0A_1)^{-1}.T$) se tiene:

$$C1r_x + S1r_y - l1 = l2C2 \Rightarrow C1r_x + S1r_y = l2C2 + l1 \quad (11)$$

$$-S1r_x + C1r_y = l2S2 \quad (12)$$

Dividiendo término a término la igualdad (12) por la (11) se tiene:

$$\frac{l2S2}{l2C2 + l1} = \frac{C1r_y - S1r_x}{C1r_x + S1r_y} \quad (13)$$

Dividiendo el numerador y denominador del segundo miembro de la expresión (13) por el factor $C1r_x$ y siendo $T1 = \frac{S1}{C1}$ se llega a la siguiente relación (14):

$$\frac{l2S2}{l2C2 + l1} = \frac{\frac{r_y}{r_x} - T1}{1 + T1\frac{r_y}{r_x}} \quad (14)$$

Si se llama a $f = arctg\frac{r_y}{r_x}$ y a g = Θ_1; y de teniendo en cuenta la relación $tg(f-g) = T(f-g) = \frac{Tf - Tg}{1 + Tf.Tg}$, se obtiene la expresión (15) siguiente:

$$\frac{l2S2}{l2C2 + l1} = T\left(arctg\frac{r_y}{r_x} - \theta_1\right) \quad (15)$$

Obteniendo para $\theta_1 = arctg\frac{r_y}{r_x} - arctg\frac{l2S2}{l2S2 + l1}$ (16)

Es importante observar que en la ecuación (16) se tiene a Θ_1 como función de Θ_2, el cual ya fue obtenido por la ecuación (9), y también dependen de la configuración geométrica del robot (longitud de sus eslabones S1 y S2) y de las coordenadas del extremo del manipulador (r_x y r_y).
Por consiguiente, la resolución del **modelo cinemático inverso** obtenido para el robot propuesto indica que las coordenadas articulares Θ_1 y Θ_2 deben tener los siguientes valores para que el extremo del manipulador alcance la posición dada por el vector r = (r_x, r_y):

$$\theta_1 = arctg\frac{r_y}{r_x} - arctg\frac{l2S2}{l2S2 + l1} \tag{18}$$

$$\theta_2 = ar\cos\frac{(r_x^2 + r_y^2 - l1^2 - l2^2)}{2l1l2} \tag{19}$$

La discusión que se establece a partir de las expresiones (18) y (19) es muy ilustrativa, dado que las coordenadas articulares que se obtuvieron permiten distinguir las dos configuraciones que puede adoptar el manipulador (codo hacia arriba o codo hacia abajo) para las mismas longitudes de sus eslabones l_1 y l_2. Esto es así en virtud de que Θ_1 depende de Θ_2 a través de de la función seno (S2), la cual adopta un signo diferente si Θ_2 se mide en un sentido u otro (ver figuras 13 y 14); con lo que el segundo término de la expresión correspondiente a Θ_1 se sumará o se restará según sea el caso.

5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Se pueden extraer las siguientes conclusiones respecto a la presente propuesta:

- Se ha realizado el tratamiento de un caso sencillo de robot manipulador que permite abordar en forma conjunta el problema cinemático directo e inverso.
- Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que no existe un único par de valores para las coordenadas articulares Θ_1 y Θ_2, ilustrando el concepto fundamental de la cinemática inversa.
- Desde el punto de vista didáctico, se ha logrado que los estudiantes apliquen los conceptos fundamentales del Álgebra Lineal, y en particular, las Transformaciones Matriciales hacia un área de alto interés tecnológico como lo es la Robótica de Manipuladores.
- En línea con el punto anterior, se destaca la posibilidad de aprovechar la gran capacidad de representación conjunta de posición y orientación que poseen las Matrices de Transformación Homogénea, así como la facilidad para realizar composición de transformaciones ya sea con respecto a sistemas de referencia fijos como móviles.

Se citan las siguientes líneas que comenzó a desarrollar el equipo de investigación:

- El abordaje de la cinemática de este tipo de robots por medio de otras herramientas analíticas como los Ángulos de Euler y el Álgebra de Cuaternios.
- El uso del método de representación de Denavit – Hartenberg para el tratamiento de los modelos cinemáticos de robots manipuladores cuya configuración es más compleja.
- Hallar las relaciones existentes entre las velocidades del movimiento de las articulaciones y del extremo del manipulador a partir del desarrollo del modelo diferencial que se expresa por medio de la Matriz Jacobiana.
- Uso del paradigma de las Redes Neuronales perteneciente al campo de la Inteligencia Artificial para la obtención del Modelo Cinemático Inverso para configuraciones más complejas, y con la idea de extender su aplicación al estudio del Modelo Dinámico.

5. REFERENCIAS.

[1] Barrientos, Antonio; Peñín, Luis Felipe; Balaguer Carlos y Aracil Rafael (2007). *"Fundamentos de Robótica"*. Madrid – España. Segunda Edición. Editorial McGraw – Hill. Madrid – España.

[2] Gates Bill. *"A Robot in Every Home"*. Scientific American Journal. (2007). EEUU.

[3] Ollero Baturone, A. (2007). "*Robótica Manipuladores y robots móviles*". Barcelona – España. Ed. Alfaomega – Marcombo. Barcelona – España.

[4] Gómez-Elvira J. y A. Ollero (1993) *"Proyecto MINIMAN. Demostrador de la tecnología de pequeños manipuladores espaciales". Automatización y Robótica Integrada*. Comunicaciones del "Tercer Congreso de la Asociación Española de Robótica", pp. 305-310.

[5] Santos, J., Duro, R.: Evolución Artificial y Robótica Autónoma, Ed. Alfaomega – Ra-Ma, México (2005).

[6] Spong, Mark; Hutchinson, Seth (2006) *"Robot Modeling and Control"*. Ed. John Wiley & Sons

[7] Craig, J. J (1989) *"Introduction to Robotics"*. Ed. Addison Wesley, Reading, MA

[8] Paul, R. P., *"Homogeneous Transformations – Robot Manipulators: Mathematics, Programming & Control"*. The MIT Press, Massachussets. (1981).