



II CAIM 2010
Segundo Congreso Argentino
de Ingeniería Mecánica
San Juan - Noviembre 2010

DESARROLLO DE UN ROBOT ANTROPOMÓRFICO DE 6 GRADOS DE LIBERTAD, DE CONCEPCIÓN DIDÁCTICA, EN EL MARCO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN TOUCH-E-LEARNING.

Dr.Ing. J. M. Bauer, Mag.Lic. Corina Guardiola¹, Ing. G. Viano,
Ing. E. Capuano, Stefan Bermadinger²

*Laboratorio Áulico CIM-Robótica – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Av. Juan XXIII y Camino de Cintura Prov. Buenos Aires Republica Argentina
Tel/fax +54-11-42827880 E-mail: jbauer@ingenieria.edu.ar*

⁽¹⁾ *Depto de Pedagogía, Centro de Altos Estudios en Ciencias Exactas
Junín 516 Buenos Aires – Argentina -E-mail: corinaguardiola@gmail.com*

⁽²⁾ *Fakultät für Maschinenwesen. Universität Técnica de Viena -Austria
Karlsplatz 13- TU-Wien Viena Austria E-mail stefan.bermadinger@gmx.at*

RESUMEN

El presente trabajo se engloba en el desarrollo y fundamentalmente las experiencias realizadas en el marco del funcionamiento del laboratorio Áulico-Experimental CIM-Robótica-FI-UNLZ, cuya tarea es construir e integrar equipamiento de automatización robótica con sistema de gestión, no solo a nivel local, sino vía Internet en un esquema de control de geografía global. El presente trabajo se centra en describir el desarrollo de un robot antropomórfico de seis grados de libertad concebido en las siguientes características tecnológicas. Primero: Orientado a piezas simples que se pueden fabricar en su conjunto en máquinas herramientas de acceso normal en Universidades y/o escuelas técnicas, siendo los motores de accionamiento para las articulaciones controladas de fácil y simple adquisición o parte recuperable de chatarra electrónica de impresoras en desuso. Segundo: La totalidad de los motores se ubican en la base en forma estacionaria, característica que tiene la ventaja que las masas de dichos motores no son elementos- masas móviles que se tienen que acelerar, desacelerar y sostener estructuralmente, con lo cual a idéntica potencia la carga útil de trabajo – traslado del robot como un todo aumenta sustancialmente. Tercero: La unidad de control está formada por una PC clásica y el control de los motores para cada articulación se realiza en dirección y velocidad variable vía el puerto paralelo más una interfase electrónica de costo muy reducido en materiales. Cuarto: El Robot utiliza encoders (generadores de posición angular) de retroalimentación, directamente vinculados en forma lineal al eje de la articulación, con lo cual los errores de juegos mecánicos propios de toda unidad se pueden minimizar con lógica de control. Los encoders descriptos se pueden comprar o también son un desarrollo específico de fácil construcción con el objeto de reducir los costos del material didáctico total descripto. Quinto: El Robot está integrado también por un reductor del tipo Harmonic-Drive, rediseñado para que sea de fácil construcción y en materiales translúcidos para poder apreciar su funcionamiento mecánico.

Palabras Claves: Robotica, Didactica, Teleoperacion, Ludico, Aprendizaje-Cognitivo

1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de favorecer desde lo motivacional las actividades áulicas de la facultad de ingeniería en general y de la cátedra vinculadas al Laboratorio CIM-Robótica en particular, el laboratorio de manufactura flexible – Robótica en el marco del proyecto Touch-e-learning, están diagramando, desarrollando y construyendo la plataforma para trabajos prácticos de nuestros estudiantes de lógica-informática-robótica en un proceso basado en fases, etapas y el concepto de mejora continua... Especial módulo en este conjunto de actividades tendrá un concurso de 4 en línea-Robótica, organizado 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 distintos desafíos. A diferencia de los campeonatos mencionados en el caso del 4 en línea-robótico la plataforma completa del Hardware es puesta a disposición por el laboratorio áulico CIM y los alumnos compiten en el desarrollo de la mejor lógica y el software de control. Con ello se nivela a los contrincantes al no depender de recursos materiales para poder competir y se amplía radicalmente el conjunto de potenciales participantes. Este deberá desarrollar la lógica y las distintas estrategias de juego que necesariamente deben ser combinadas en defensivas y atacantes y embeberlas en una aplicación, que es en definitiva el que dará las instrucciones al robot para que realice los movimientos del juego. Desde el punto de vista de la organización nos estamos encontrando con una gran cantidad de desafíos a resolver. En primer lugar esta la construcción de “la ferretería”, que abarca desde los accesorios que utilizará el robot hasta los cables y puertos de conexión a las múltiples PC, Luego están todos los sistemas que deberán resolver las distintas situaciones de competencia, el controlador del Robot hará no solo de manipulador en tiempo real de las fichas, sino a las veces de juez, manejando la conexión de tres PC (una por contrincante + una de Juez) y el Robot que realizará los movimientos. Esta unidad define si el movimiento realizado por un competidor (programa en una PC) es válido, realiza por medio del robot, el movimiento para luego informar al otro competidor el movimiento realizado por su contrincante. La tercer PC, deberá ser la encargada de analizar cada jugada y buscar la existencia de un ganador.

El proyecto y realización del entorno para esta actividad surgió de verificar en la experiencia de cátedra, que la actividad lúdica produce en el estudiante un fuerte motivador adicional y un entorno amigable de aprendizaje. Además, en el caso descrito, incorporamos también el incentivo extra de “la competencia”, lo cual lleva a que el participante no solo quiere desarrollar un sistema para competir contra si mismo como en muchos casos de desarrollo de programas, sino también para enfrentar a un adversario directo real (otro estudiante) y ser el ganador.



Figura 1 Elementos de la plataforma para el 4 EN LÍNEA ROBÓTICO- Plano

La plataforma descripta, libera al estudiantes de carreras de ingeniería informática o industrial de la necesidad de construir dispositivos mecatronicos, desafío que en general los intimida y aleja de procesos participativos cuyo centro también esta en sus estudios disciplinarios.

Como complemento de la plataforma descripta, en especial para estudiantes de carreras o inquietudes mecánicas - mecatronicas, el laboratorio CIM-Robótica FI-UNLZ, ha desarrollado un robot didáctico cuya ingeniería de detalle es puesta a disposición abierta en un concepto de "hard-ware libre", robot didáctico que permite con maquinas CNC disponibles en ambientes de formación de la ingeniería, construir una pequeña unidad Antropomórfica de 6 grados de libertad, cuyas características de movimientos espaciales emula robots industriales. El equipo descrito podrá ser construido por estudiantes para ser usado en la integración de plataformas educativas similares a las que posee y desarrolla el Laboratorio CIM-Robótica FI-UNLZ. Además un equipo de dichas características es usado por los docentes del laboratorio cuando dictan en forma presencial cátedra de robótica en otras casa de estudio ya que el mismo es fácilmente trasportadle

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 por experimentar con conceptos organizativos y tecnologías asociadas 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 interfazarse, 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 de flexibilizar y agilizar los desarrollos para viabilizar diferentes experiencias. Las primeras construcciones específicas 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 mas naturales que tienen, pero a pesar de ello no han tenido muchas oportunidades de programar por medio de ella, la lógica de los movimiento flexibles de un robot, y no se percibe aun un entusiasmo generalizado a la idea de enfrentarse a una máquina en movimiento. Aquí podemos corroborar una ves mas lo que afirman los investigadores pedagógicos, que "la motivación es imprescindible" en el proceso cognitivo. Es aquí donde se hace fuerte 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 mas de 4 semestres venimos trabajando en forma conjunta con la dirección del laboratorio de CIM-Robótica de la facultad en desarrollar prácticas de fuerte cejo motivador. herramientas de este tipo encontramos en la actividad lúdica. Hemos podido experimentar y concluir en que 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 claridad la satisfacción de superarse a si 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 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". Dichas problemáticas lógicas son desafíos resueltos de diversas formas por los alumnos en forma virtual y luego ejecutados con movimientos reales en el laboratorio tomando como base el Robot modelo ER9. Como hace décadas es habitual en especial en la universidad, los Trabajos Prácticos que perduran mucho en el tiempo, son traspasados de curso en curso y se difunden las soluciones. Ello hace que se pierda el esfuerzo docente y el real aprendizaje esperado y los informes se transformen en el caso extremo en un simple copiar-pegar. Como solución al problema descrito el grupo docente que suscribe dedica mucho esfuerzo a crear permanentemente nuevos ejercicios (juegos lógicos en nuestro caso), para evitar que el traspasado – copiados sea solución directa del desafío. En estos tiempos virtuales donde las distancias son cada vez mas cortas, tenemos el agregado de la Internet donde "parece ser" que está "todo", y de donde también se bajan las resoluciones de los trabajos prácticos. Ya ni siquiera es visto como trampa que hacen los alumnos, sino como algo normal para ellos. El desafío en generar el entorno de aprendizaje constructivista, es armar una actividad que no se pueda bajar desde Internet, y además renovarla, modificarla o cambiarla en un plazo prudencialmente corto (acorde a los tiempos que vivimos), para que la resolución no sea traspasada de semestre en semestre. Complementariamente esta misma Internet nos ayuda a buscar ideas nuevas. En nuestro caso tomamos como idea madre las competencia de sumo-robótico y fútbol robótico, en las que participamos y adaptamos a un nuevo entorno potenciando otros aspectos de la misma idea base. De las experiencias realizadas "Torre de Hanoi-Robótica y Viajante de comercio", tomamos que si bien el juego es un buen motivador, el juego entre competidores lo es aún mucho más. En los ejemplos citados de "sumo y football robótico" el desarrollo en la actividades si bien indudablemente tienen un gran componente de "lógica", también requieren mucho mas, ya que los equipos deben construir hardware para poder participar. Lo cual sin desmerecer el desafío lo vuelve irresoluble para un enorme conjunto de alumnos en especial de los años inferiores. Además la construcción de hardware requiere capital y en la competencia se destacan los que disponen de mayores recursos para la compra de componentes. En los casos proyectados desde la cátedra y el laboratorio CIM-Robótica el desafío al estudiante es exclusivamente lógico, la problemática del hardware de movimiento espacial real esta resuelta desde la cátedra y desde el laboratorio. En este caso esta en manos de los docentes crear el entorno en que se ha de desarrollar la práctica, es decir el aprendizaje del estudiante. De esta manera nos planteamos el desafío de construir una plataforma dinámicamente evolutiva con movimientos espaciales reales para mejorar la enseñanza de Procesos Lógicos-Robóticos en nuestra facultad y/o otras facultades de Ingeniería.

3. ROBOT ANTROPOMÓRFICO DIDÁCTICO

Como complemento de la plataforma de robótica didáctica desarrollada y construida se realizo la ingeniería básica y de detalle de un robot antropomórfico "didáctico", de seis grados de libertad concebido para que:

Primero: Orientado a piezas simples que se pueden fabricar en su conjunto en maquinas herramientas de acceso normal en Universidades y/o escuelas técnicas, siendo los motores de accionamiento para las articulación controladas de fácil y simple adquisición o parte recuperable de chatarra electrónica de impresoras en desuso.

Segundo: La totalidad de los motores se ubican en la base en forma estacionaria, característica que tiene la ventaja que las masas de dicho motores no son elementos- masas móviles que se tienen que acelerar,

desacelerar y sostener estructuralmente, con lo cual a idéntica potencia la carga útil de trabajo – traslado del robot como un todo aumenta sustancialmente.

Tercero: La unidad de control esta formada por una PC clásica y el control de los motores para cada articulación se realiza en dirección y velocidad variable vía el puerto paralelo más una interfase electrónica de costo muy reducido en materiales.

Cuarto: El Robot utiliza encoders (generadores de posición angular) de retroalimentación, directamente vinculados en forma lineal al eje de la articulación, con lo cual los errores de juegos mecánicos propios de toda unidad se pueden minimizar con lógica de control. Los encoders descriptos se pueden comprar o también son un desarrollo específico de fácil construcción con el objeto de reducir los costos del material didáctico total descripto.

Quinto: El Robot esta integrado también por un reductor del tipo Harmonic-Drive, rediseñado para que sea de fácil construcción y en materiales translucidos para poder apreciar su funcionamiento mecánico.

1.1. Características Mecánicas

La geometría de las articulaciones define el volumen de trabajo de la unidad en forma directa y el volumen útil asignable a una aplicación en forma indirecta. En los diferentes desarrollos en robots en general y en robots del tipo brazos antropomorficos en particular la ubicación de los motoredutores que accionan las diferentes articulaciones es un tema fundamental. La ubicación de los motoredutores de cada articulación define el comportamiento dinámico del conjunto ya que las masas de los motoredutores de articulaciones móviles generalmente deben ser transportadas, aceleradas y retardadas durante el funcionamiento operativo de la unidad. Vemos en las construcciones actuales diferentes soluciones que buscan ubicar los accionamientos en forma diferida sobre el cuerpo central del robot, de forma de evitar los problemas estructurales y fundamentalmente inerciales que limitan operativamente la unidad. Ejemplo claro de ese concepto son los robots antropomorficos de paletizado que mueven la ultima articulación sobre la base de un sistema de paralelogramo desformable ya que la unidad gripper siempre se debe mover en forma paralela a la base. Otros sistemas utilizan diferentes soluciones mecánicas para darle forma a idéntico objetivo.

En el caso del desarrollo que se describe en la presente el objetivo era situar todo los motores en la base, en forma cuasi-estacionaria. Decimos cuasi-estacionaria ya que la base gira 360 grados sobre su eje propio, pero los motores no generan incrementos de desbalance por fuerzas variables situadas fuera de su base de sustentación y las influencias inerciales en esta construcción son solo rotativas y casi despreciables.

De esta manera la masa – peso de los motoredutores a usar no influye prácticamente en la dinámica del robot, lo cual da una libertad constructiva buscada al momento del diseño ya que permite al alumno-constructor aplicar en esta geometría los motores – motoredutores que mas fácilmente pueda adquirir ya sea por recupero de chatarra electromecánica y/o compra directa.

1.1.1 Geometría

La descripción geométrica de la unidad no es fácil de realizar en palabras. La herramienta imprescindible de la ingeniería mecánica es el dibujo. Desarrollado en un software de CAD paramétrico (Inventor) se presentan a continuación imágenes de su diseño de ingeniería básica que hace al concepto operativo y la ingeniería de detalle que hace a la materialización de la concepción en piezas mecánicas de formas y dimensiones específicas.

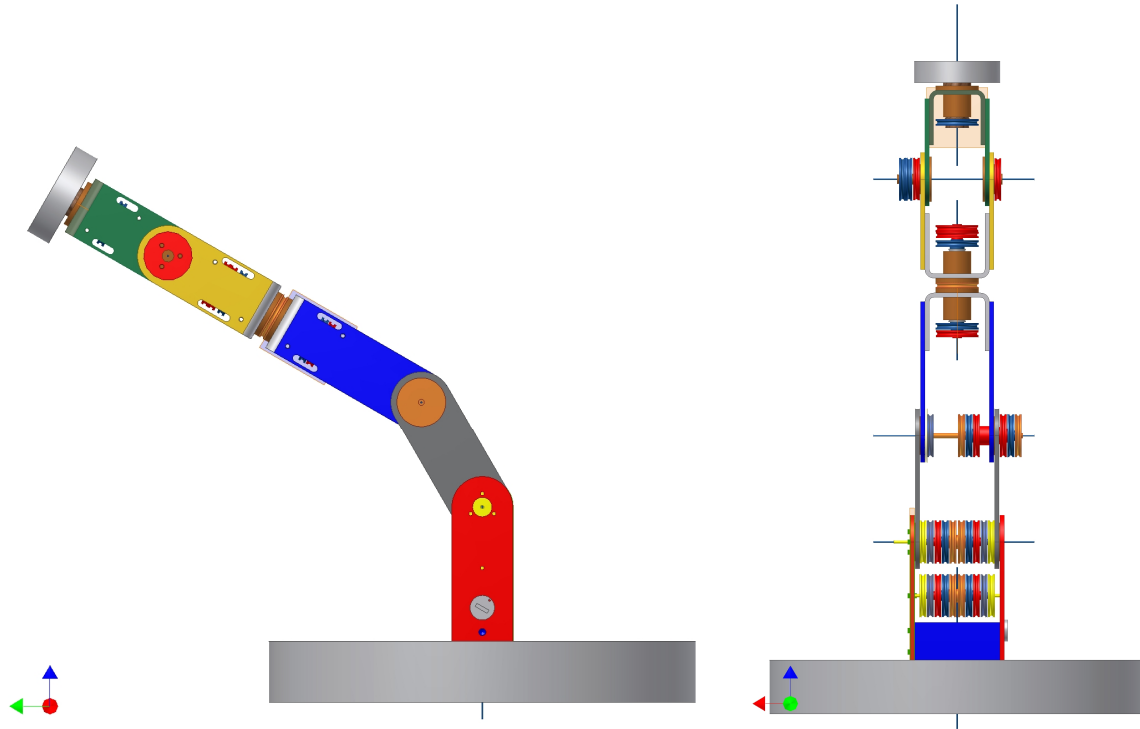


Figura 2 Ingenieria básica vistas lateral y frontal

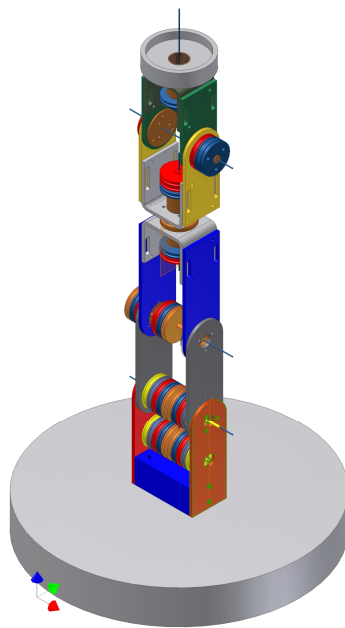


Figura 3 Ingenieria básica vista en perspectiva

Sobre el concepto de la Ingeniería básica el desarrollo de ingeniería de detalle también fue desarrollado en software de CAD Parametrica, y interfaceado con el Modulo CAM genera automáticamente los programas de mecanizado que pueden operar sobre nuestro centro de mecanizado flexible CNC.

En vistas generales de la ingenierías de detalle se pueden apreciar la ubicación de los moto accionamientos siguiendo las reglas enunciadas anteriormente

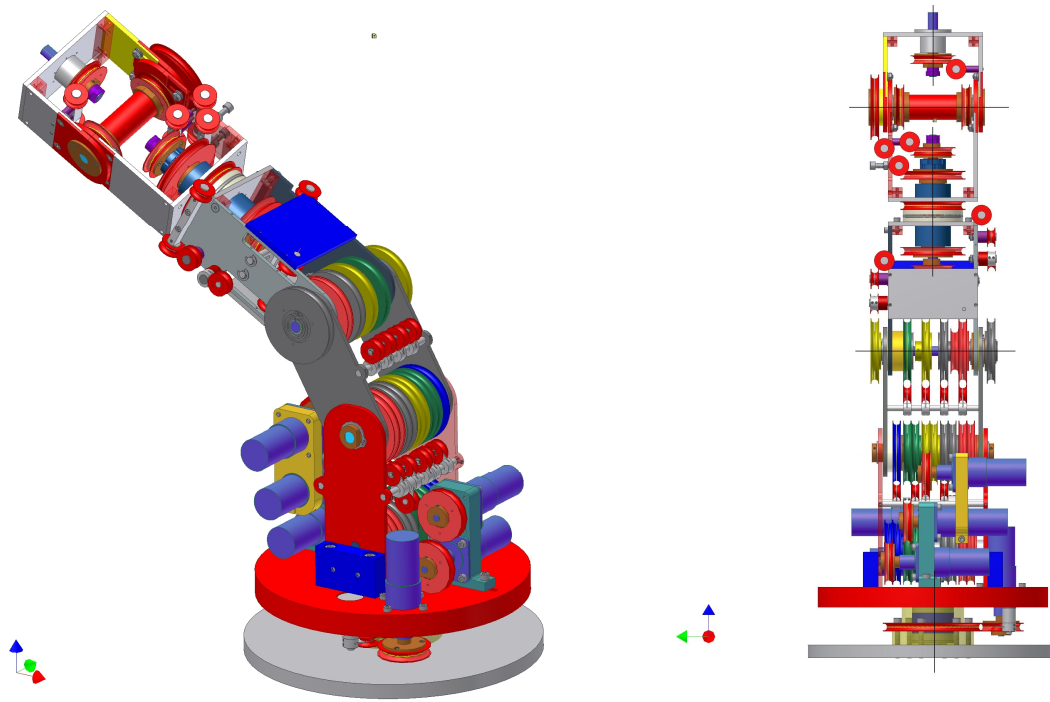


Figura 4 Ingeniería de detalle vistas frontal + perspectiva

Elemento esencial en el concepto son las cadenas especiales

1.1.2 Cadenas especiales

La transmisión del movimiento de accionamiento desde la unidad motora a la articulación se realiza por medio de un conjunto de cadenas especiales cuya característica distintiva es la posibilidad de deformarse en planos múltiples, de los cuales normalmente usamos uno o dos en forma ortogonal. A la vez la cadena transmite el movimiento sin resbalamiento de rueda en rueda.

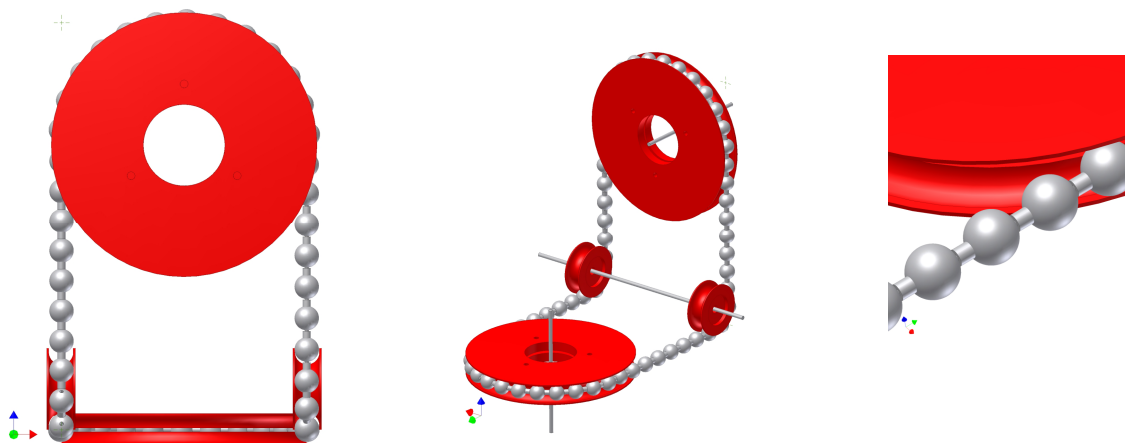


Figura 5 Cadenas, funcionamiento y detalle constructivo

1.1.2 Otros Elementos Mecánicos Complementarios

El robot antropomórfico Didáctico puede estar equipado con grippers (mano) del tipo dos dedos, o como en el caso del equipo usado en la plataforma y modalidad "4 en línea plano", con ventosa de vacío, para poder agarrar las esferas ilustradas en la figura desde la parte superior.

1.2. Unidad de comando

Para esta tarea esta definida una PC-clásica. Operando sobre las salidas de un puerto paralelo se puede a partir de una simple interfase que transforma señal en potencia operar sobre por ejemplo motores de corriente continua, controlando desde cada pin lógicos out-del puerto paralelo un motor en cuanto sentido y velocidad de giro. Para varia velocidad y sentido se modula lógicamente sobre un lazo PWM. El software de control abierto adaptable a diferente hardware y motores específicos Serra parte de futuros suministraos que el laboratorio CIM-Robotica pondrá a disposición en modalidad de software libre. La matemática de la unidad de control se desarrolla en conjunto con la cátedra de robótica de la facultad de Bioingeniería UNER sobre la base de un desarrollo ya publicitado .

3. CONCLUSIONES

El concepto mecánico presentado es parte de una estrategia global de generar elementos didácticos abiertos y no propietario para la enseñanza de la robótica desde in concepto transdisciplinario que no solo incluye lo mecatronico como interrelación de mecánica, informática y electrónica sino que amplia el entorno del conjunto transmitidos en el aprendizaje a aspectos éticos-humanos como ser el debate de propiedad del conocimiento. Desde lo pedagógico la propuesta se encuadra en el concepto de aprendizaje cognitivo en la búsqueda de soluciones orientadas a superar barreas es decir en un a formación orientada a la solución de problemas. Las experiencias concretas en distintos entornos áulicos del país el exterior realizadas por los integrantes del grupo CIM-Robotica muestran una claro efecto positivo del modelo encarado.

4. REFERENCIAS

- [1] Bauer Jorge , y otros, "La Tele-presencia, el Tele-trabajo en el Marco de Sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing)", 1er Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica, Bahia Blanca, Argentina, Octubre del 2009
- [2] Bauer Jorge; Schmit; Da Silva Gillig. "Constructive systems of robotic and Telerobotic like contributions in inspection, control, monitoring or other industrial tasks, generating telepresence". IPCM 2005 , Viena Austria, Octubre del 2005
- [3] Bauer Jorge Tesis doctoral TU-Wien 2003, Qualitaetsicherung und die Erstellung von Qualitaetsicherungssysteme an Organisationen fuer die universitaere Ausbildung von IngenierInnen (Aseguramiento de la calidad y la construcción de sistemas de aseguramiento de la calidad en organizaciones para la formación universitaria de ingenieros
- [4] Astleitner Hermann Sindler Alexandra (1999), "Pädagogische Grundlagen Virtueller Ausbildung, Telelernen in Fachhochschulbereich" WUV Universitätsverlag
- [5] Baquero, Ricardo. "Las concepciones del alumno y el dispositivo escolar". Univ. Nacional de Río Cuarto.
- [6] Bauer 28/2002J.M. (2000). "Quality Management in Education at the University". 1st European Quality days in Kosova Sept. 27-8/2002
- [7] NONAKA Y TAKEUCHI. "Proceso de creación del conocimiento" en http://www.gestiondelconocimiento.com/modelo_nonaka.htm
- [8] Papert, Seymour. "Desafío a la mente. Computadoras y Educación."(1981). Editorial Galapago. Buenos Aires.

[9] Osanna P.H. Durakbasa N.M. Afjehi-Sadat A. Bauer J.M. "Artificial Intelligence and Information Technology to Support Measurement Technique in Modern Production Plants". Abteilung Austauschbau und Messtechnik . TU-AUM. Wien

[10] Emilce Noemí Preisz, Rosa María Weisz, Jorge M. Bauer Gerardo Gabriel Gentiletti, "Educación en robótica: modelos cinemáticos del scrobot er-ix", Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería, Año 10, N° 19.

[11] Bauer J.M, "Sociedad del conocimiento, robótica, derechos humanos y transformaciones en el mundo del trabajo" Trabajo presentado en la conferencia KCTOS - Viena 2007, Reunion Plenaria "Knowledge Society and Labour"

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Prof. Dr P.H.Osanna (AuM-TU-Wien-Austria) por su permanente estímulo a realizar investigación aplicada