



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

La importancia del enfoque multidisciplinar en la enseñanza en Ingeniería Mecánica

Eduardo Gago¹, Mónica Dádamo², Lidia Nieto^{*3}, Mirta Mechni⁴

^{1,2,*3,4} **Laboratorio Informático de Ciencias Básicas - Departamento Ciencias Básicas
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rosario
Zeballos 1341 Rosario – Argentina**

Tel/Fax: +54-3414481871 - E-mail: egago@frro.utn.edu.ar

RESUMEN

El desarrollo de capacidades básicas en las carreras de Ingeniería persigue como objetivo fundamental formar al estudiante para que ante cada situación problemática pueda aplicar y relacionar apropiadamente los conocimientos adquiridos en el transcurso de su formación profesional.

Con este propósito en los cursos de Matemática se hace imprescindible formular modelos que conduzcan hacia la adquisición de nuevas formas de pensamiento y razonamiento que lo incentiven a lograr sus aprendizajes.

En el presente trabajo se describe una experiencia de cátedra en la asignatura Análisis Matemático II, en la carrera de Ingeniería Mecánica, donde se pretende que los alumnos integren conocimientos de distintas disciplinas cuando se desarrolla el tema Ecuaciones Diferenciales.

El diseño metodológico que proponemos transita las siguientes etapas: generación de un espacio para capacitar en cálculo simbólico, numérico y gráfico, integración de las disciplinas básicas con un enfoque multidisciplinar, complementación de contenidos para la utilización de métodos analíticos y simulados en la reproducción y análisis del comportamiento de un sistema real, y análisis de la validez de los procedimientos utilizados.

Es indispensable formar a los estudiantes con espíritu crítico, que les permita no sólo encontrar la solución a las hipótesis planteadas sino que además hagan la correspondiente interpretación gráfica; fomentando la visualización y conceptualización de los temas con el propósito de interpretar apropiadamente los resultados obtenidos y ser capaces de generar cambios a los sistemas en estudio promoviendo actividades de investigación a futuro.

Las actividades desarrolladas se apoyan en la premisa de que el alumno debe ser un agente independiente en el proceso de construcción de sus conocimientos, confiando en su observación analítica y su creatividad.

Con este tipo de experiencias buscamos dar el carácter multidisciplinario a la enseñanza en Ingeniería, ya que este enfoque promueve en los estudiantes el interés por las ciencias básicas y su interrelación.

Palabras Claves: Capacidades básicas, Modelos, Visualización, Conceptualización, Ecuaciones diferenciales.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de los recursos tecnológicos tiene una fuerte incidencia en todos los ámbitos de la sociedad, y especialmente en los ámbitos de Educación Superior donde es necesario e impostergable adecuar dichos recursos para establecer un modelo educativo de enseñanza a nivel universitario donde las tecnologías juegan un rol fundamental.

La integración de las universidades a los requerimientos de este nuevo contexto pasa en gran parte por la utilización de todas las potencialidades que las tecnologías brindan mediante la ejecución de proyectos de investigación que promuevan la mejora de la enseñanza en las carreras de Ingeniería.

Para ello, se debe contar con políticas que le den coherencia y continuidad en el tiempo a las acciones que originan la puesta en marcha de estos proyectos.

El docente debe asumir como punto de partida que el proceso de enseñanza aprendizaje es fundamental en la formación de futuros profesionales. Es así que, en este marco se promueve el aprendizaje autogestionado del alumno, con una fuerte presencia del docente asumiendo el rol de guía del proceso de enseñanza aprendizaje.

Es necesario que el alumno tenga un papel activo, en el que descubra, construya y transforme su propio conocimiento; y los docentes deben proveerles las herramientas necesarias para que los alumnos construyan estructuras cognitivas que habrán de integrarse en aprendizajes significativos a lo largo de toda su carrera.

El enfoque de los procesos educativos tradicionales debe cambiar, poniendo énfasis en que los estudiantes de Ingeniería desarrollen capacidades básicas de una manera dinámica acompañado por una práctica educativa que se adapte a un enfoque de carácter inter y multidisciplinario de la enseñanza.

En este contexto, el proceso toma una nueva dimensión, en la que se enfatiza también la importancia del entorno social propiciando la interacción entre los alumnos, y entre alumnos y docentes para lograr una mejora en el proceso de aprendizaje.

Con el proyecto de Cambios Metodológicos para el desarrollo de las capacidades básicas en carreras de Ingeniería, en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, se realizan las innovaciones necesarias tanto en metodologías como en la introducción de los temas en forma interdisciplinar mediante un sistema de aprendizaje basado en la realización de clases de carácter teórico – práctico – tecnológico, las que se presentan en este trabajo.

Estas metodologías, enmarcadas en el citado proyecto permiten la reformulación de las clases teóricas, las clases prácticas y las prácticas de laboratorio, fomentando el empleo de técnicas cooperativas, la utilización de herramientas computacionales y la aplicación de nuevas estrategias evaluativas que redundan en una mejora de la enseñanza.

2. OBJETIVOS

Las actividades programadas tienen como objetivo realizar experiencias de laboratorio no demostrativas, que permitan la participación real de grupos reducidos de alumnos en los primeros años de las carreras y facilitar la conceptualización de los temas diseñando actividades con material didáctico digitalizado elaborado especialmente para cada tema.

Es decir el objetivo principal es transformar la clase de Matemática en un taller experimental, en el que el aprendizaje se genere mediante técnicas que trasladen el foco del docente al alumno, entendiendo que la construcción de los conceptos, habilidades y actitudes que adquieran los estudiantes deben conducirlo a lograr autonomía en el estudio de ecuaciones diferenciales, conociendo el sustento matemático de las mismas y reconociendo cuando y donde aplicar las mismas.

3. CRITERIOS METODOLÓGICOS GENERALES

El diseño metodológico que proponemos transita las siguientes etapas: generación de un espacio para capacitar en cálculo simbólico, numérico y gráfico, integración de las disciplinas básicas con un enfoque multidisciplinar, complementación de contenidos para la utilización de métodos analíticos y simulados en la reproducción y análisis del comportamiento de un sistema real y análisis de la validez de los procedimientos utilizados.

En las estrategias de enseñanza – aprendizaje utilizadas se favoreció la interrelación entre docentes y alumnos. Que el docente sea guía en el aprendizaje es fundamental para que los alumnos trabajen con compromiso personal en todo momento de la clase. Además, esta relación los anima y potencia para utilizar las habilidades que éstos poseen y también en su futuro como profesionales.

Asimismo, se colaboró para que puedan desarrollar reciprocidad y cooperación entre ellos. El aprendizaje se potencia cuando se potencia el trabajo en equipo y no la competitividad de los individuos. El buen aprendizaje es social y colaborativo, no competitivo y aislado. Además, trabajar con otros incrementa el grado de implicación en el proceso de aprendizaje. Compartiendo las ideas con los demás y respondiendo a otros perfecciona la manera de pensar y aumenta la capacidad de retener lo aprendido.

Es indispensable formar a los estudiantes con espíritu crítico, que les permita no sólo encontrar la solución a las hipótesis planteadas sino que además hagan la correspondiente interpretación gráfica; fomentando la visualización y conceptualización de los temas con el propósito de interpretar apropiadamente los resultados obtenidos y ser capaces de generar cambios a los sistemas en estudio promoviendo actividades de investigación a futuro.

También se promovió un aprendizaje activo y en la medida de lo posible su aplicación a la resolución de problemas de complejidad creciente mediante la utilización de material digitalizado sistematizado, especialmente preparado por el docente y el uso de software específicos.

La metodología aplicada, por otra parte permite respetar las diferentes habilidades de los alumnos. No todos pueden aprender, los mismos contenidos en los mismos tiempos. Mediante esta propuesta se permite que cada estudiante, utilice el método que mejor funcione para él.

Aunque cada una de estas prácticas tiene ya un valor intrínseco individualmente, su uso conjunto le concede un valor mucho mayor. Además en su uso conjunto se emplean seis potentes herramientas educativas: actividad, expectativas, cooperación, interacción, diversidad y responsabilidad. También, enfatiza algo muy importante “lo que se enseña es tan importante como cómo se enseña” [1].

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se utilizó para el desarrollo de la presente propuesta, en la cual se pretende introducir cambios metodológicos en la enseñanza de la Matemática, el Aula Taller, el Laboratorio de Informática, cuestionarios

guías, material de trabajo digitalizado donde la visualización, la modelización y los conocimientos previos de los estudiantes, se destacaron como un recurso destinado a establecer un nexo entre la intuición y el rigor requeridos en el pensamiento matemático por su poder esclarecedor y facilitador de la comprensión. No fueron sólo recursos transmisores de ideas, sino también recursos para modelar y simbolizar. Dado que los contenidos de Análisis Matemático II de la carrera mencionada, ya están estipulados, se utilizó para esta propuesta el desarrollo del concepto de Ecuaciones Diferenciales y sus potencialidades, en la aplicación del mismo a la modelización de problemas.

Mediante un taller motivador para la enseñanza de EDO's se establecieron sistemas dinámicos con complejidad creciente, donde fue necesario tender puentes cognitivos para analizar el sistema en estudio y determinar las variables involucradas en el proceso.

Los contenidos conceptuales que nos remiten al conjunto de conceptos, principios y teorías que conforman los diferentes campos del conocimiento, tienen que ver con la adquisición y construcción de conceptos que supone un proceso de abstracción, de identificación y de comprensión de la estructura que lo integra.

Los contenidos procedimentales, en tanto, nos remiten al "saber hacer" propio de cada campo del conocimiento y permiten el desarrollo de habilidades cognitivas y estrategias complejas para resolver problemas, así como la capacidad de demostrar la validez de razonamientos.

Los contenidos conceptuales y procedimentales se encuentran en constante interacción y no pueden enseñarse o aprenderse por separado, no obstante es posible hallar dominios de aplicación particulares, que hacen mantener claramente el ámbito de su significación y pueden ser diferenciados [2].

El alumno, a partir del planteo de un sistema dinámico debe reconocer las variables involucradas, realizar las relaciones entre las mismas estableciendo los balances de energía y proponer un adecuado modelo, acorde al mismo.

5. Parte Experimental

En el presente trabajo se describe una experiencia de cátedra en la asignatura Análisis Matemático II, en la carrera de Ingeniería Mecánica, donde se pretende que los alumnos integren conocimientos de distintas disciplinas cuando se desarrolla el tema Ecuaciones Diferenciales.

5.1 Situación problemática N° 1

El sistema de la Figura 1 muestra dos tanques interconectados en serie. Si el caudal de alimentación en el tanque N° 1 es de $1 \frac{m^3}{h}$, y sabiendo que las resistencias hidráulicas son iguales para ambos tanques cuyo valor es de $0,5 \frac{h}{m^2}$, y las capacitancias son de $2m^2$ y $4m^2$ son para el tanque N° 1 y para el tanque N° 2 respectivamente.

Se les solicita a los alumnos resuelvan el siguiente cuestionario guía:

- 1º) Realizar el balance de energía correspondiente al sistema de la Figura 1
- 2º) ¿Cuál es el modelo que representa el caudal de salida del sistema?
- 3º) ¿Cuales son las condiciones de contorno aplicadas?
- 3º) Graficar la evolución del caudal en función del tiempo
- 4º) ¿Cómo se comporta el sistema?

5º) ¿Podría tener otros comportamientos diferentes?

6º) Analizar el comportamiento del sistema cuando hay variaciones de las constantes de tiempo de ambos tanques

7º) ¿A qué valor tiende el caudal de salida para tiempos extremadamente grandes?

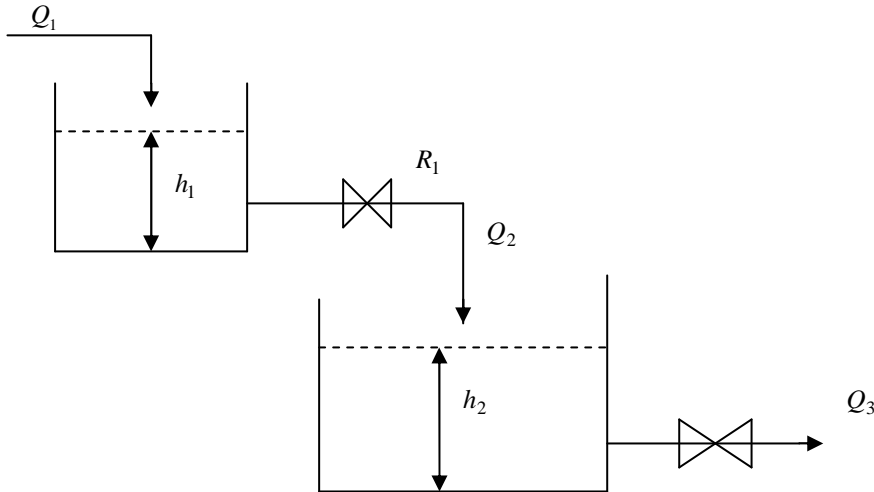


Figura 1 Esquema del sistema de almacenamiento y provisión de agua

Respuestas de los alumnos:

Los balances de energía para estos sistemas son:

para el tanque N° 1 $Q_1 - Q_2 = c_1 \frac{dh_1}{dt}$ (1), sabiendo además que $R_1 = \frac{h_1}{Q_2}$ $T_1 = c_1 R_1$

para el tanque N° 2 $Q_2 - Q_3 = c_2 \frac{dh_2}{dt}$ (2), sabiendo además que $R_2 = \frac{h_2}{Q_3}$ $T_2 = c_2 R_2$

Q_1 : caudal de alimentación del sistema; Q_2 : caudal de salida del tanque N° 1 y de entrada del tanque N° 2;
 Q_3 : caudal de salida del sistema; R_i : Resistencia hidráulica ; c_i : capacitancia del tanque (área); T_i : constante de tiempo con $T_i = c_i R_i$; con $i = \{1,2\}$

Las condiciones iniciales para el modelo planteado son: el caudal de salida inicial es nulo $Q_3(0) = 0$ (3); y

la velocidad de salida inicial también es nula, $\frac{dQ_3}{dt}(0) = 0$ (4)

De las Ecuaciones (1) y (2) deducen que el modelo que representa al sistema viene representado por la Ecuación (5):

$$T_1 T_2 \frac{d^2 Q_3}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{dQ_3}{dt} + Q_3 = Q_1 \quad (5)$$

Resuelven la Ecuación (5) y obtienen la Ecuación (6) que representa el caudal de salida Q_3

$$Q_3 = Q_1 \left[1 + \frac{1}{T_2 - T_1} \left(T_1 e^{-\frac{t}{T_1}} - T_2 e^{-\frac{t}{T_2}} \right) \right] \quad (6)$$

Los datos suministrados los reemplazan en la Ecuación (6) y obtienen el modelo de la Ecuación (7)

$$Q_3 = 1 \frac{m^3}{h} \left(1 + e^{-t} - 2e^{-\frac{t}{2}} \right) \quad (7)$$

En la Figura 2 se observa la evolución del caudal de salida en función del tiempo, vemos que al principio el sistema desagota lentamente, mientras que en para un tiempo de 2 horas la evacuación es significativa y en 4 horas queda poco caudal para desagotar. En un tiempo de 10 horas prácticamente todo el fluido se evacuó.

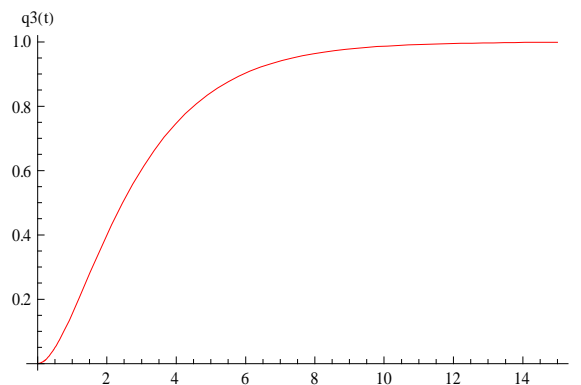


Figura 2 Caudal de salida final de los tanques

Por las características del sistema, y con el análisis de la Figura 2 y de la Ecuación (7), los alumnos concluyen que el sistema es hiperamortiguado, y que el caudal de salida está acotado en $1 \frac{m^3}{h}$.

Además, verifican que la relación $(T_1 - T_2)^2 - 4T_1T_2$ resulta igual a $(T_1 - T_2)^2$ y es siempre positiva, se puede aseverar que la conclusión de sobreamortiguamiento del sistema es cierta.

Sería imposible que el sistema resultase subarmortiguado ya que la relación anterior nunca será negativa, ó críticamente amortiguado porque para que la relación las constantes resultarían iguales y eso implicaría un caudal de salida nulo.

La Figura 3 muestra el comportamiento del sistema tomando distintos valores de T_2 siempre mayores a T_1 , al que mantenemos constante.

Análogamente la Figura 4 muestra la situación inversa, se analiza el comportamiento del sistema para distintos valores de T_1 siempre mayores a T_2 , al que también mantenemos constante

Del análisis de la Figura 3 vemos que a medida que la constante de tiempo del segundo tanque crece, el tiempo para la evacuación de los tanques es menor. Cuando ambas constantes son similares se necesita un tiempo considerable para producir su desagote.

Analizando la Figura 4 vemos que si la constante de tiempo del primer tanque crece se necesita mayor tiempo para su desagote.

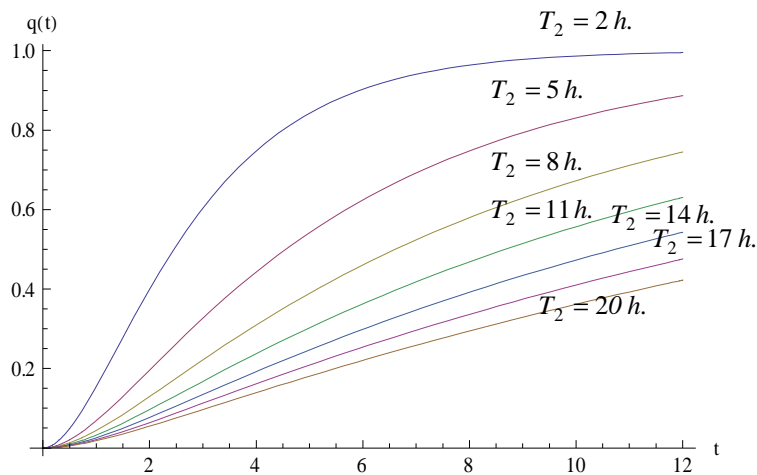


Figura 3 Caudal de salida para $T_2 > T_1$ para valores constantes de T_1

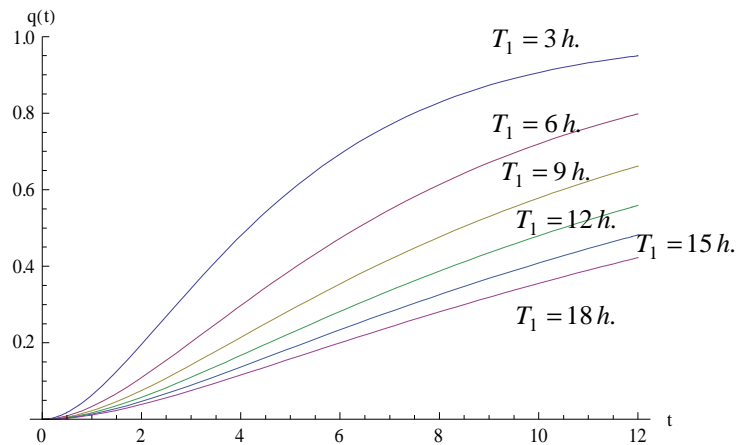


Figura 4 Caudal de salida para $T_2 < T_1$, para valores constantes de T_2

En todos los casos y cuando el tiempo tiende a infinito el caudal de la corriente de salida tiende a $1 \frac{m^3}{h}$

A continuación se les suministra como trabajo adicional que estudien otro sistema de circulación de fluidos y respondan al mismo cuestionario que en el caso anterior. Además se les solicita como trabajo adicional que comparen ambos modelos propuestos, y obtengan conclusiones al respecto.

5.2 Situación problemática N° 2

El sistema de la Figura 5 muestra dos tanques interconectados en un mismo nivel. Si sobre el caudal de alimentación ingresa en el tanque N° 1 $1 \frac{m^3}{h}$, y sabiendo que las resistencias hidráulicas son iguales para ambos tanques cuyo valor es de $0,5 \frac{h}{m^2}$, y las capacitancias son $2m^2$ y $4m^2$ para el tanque N° 1 y para el tanque N° 2, respectivamente.

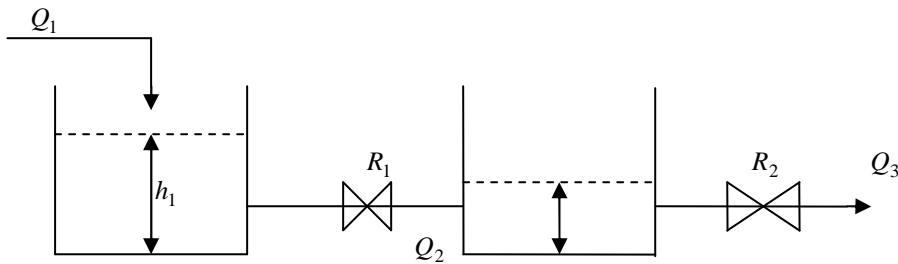


Figura 5 Esquema del sistema de almacenamiento y provisión de agua

Respuestas de los alumnos:

Los alumnos establecen los balances de energía para estos sistemas:

para el tanque N° 1 $Q_1 - Q_2 = c_1 \frac{dh_1}{dt}$ (8), sabiendo además que $R_1 = \frac{h_1 - h_2}{Q_2}$ $T_1 = c_1 R_1$

para el tanque N° 2 $Q_2 - Q_3 = c_2 \frac{dh_2}{dt}$ (9), sabiendo además que $R_2 = \frac{h_2}{Q_3}$ $T_2 = c_2 R_2$

Q_1 : caudal de alimentación del sistema; Q_2 : caudal de salida del tanque N° 1 y de entrada del tanque N° 2;
 Q_3 : caudal de salida del sistema; R_i : Resistencia hidráulica ; c_i : capacitancia del tanque (área); T_i : constante de tiempo con $T_i = c_i R_i$; con $i = \{1,2\}$

Las condiciones de contorno para el modelo planteado son que el caudal de salida inicial es nulo, $Q_3(0) = 0$

(10); y la velocidad de salida inicial también es nula, $\frac{dQ_3}{dt}(0) = 0$ (11)

De las Ecuaciones (8) y (9) deducen que el modelo que representa al sistema se expresa por la Ecuación (12)

$$T_1 T_2 \frac{d^2 Q_3}{dt^2} + (T_1 + T_2 + c_1 R_2) \frac{dQ_3}{dt} + Q_3 = Q_1 \quad (12)$$

A partir de la Ecuación (12) deducen que el caudal de salida sigue el modelo de la Ecuación (13)

$$Q_3 = Q_1 \left[1 - \frac{\left(-B + \sqrt{-4A + B^2} \right) e^{\left(\frac{-B - \sqrt{-4A + B^2}}{2A} \right) t} + \left(B + \sqrt{-4A + B^2} \right) e^{\left(\frac{-B + \sqrt{-4A + B^2}}{2A} \right) t}}{2\sqrt{-4A + B^2}} \right] \quad (13)$$

donde $A = T_1 T_2$; $B = T_1 + T_2 + c_1 R_2$

Con los datos suministrados en la Ecuación (13) el modelo resulta de la Ecuación (14)

$$Q_3 = 1 \frac{m^3}{h} \left(1 + 0,207 e^{-1,707t} - 1,208 e^{-0,293t} \right) \quad (14)$$

Por las características del sistema, y con el análisis de la Figuras 6 y 7, y de la Ecuación (14), concluyen que el sistema es hiperamortiguado.

Además, como $T_1 > 0$, $T_2 > 0$, $c_1 > 0$ y $R_2 > 0$, entonces verifican que la relación $(T_1 + T_2 + c_1 R_2)^2 - 4T_1 T_2 > 0$ resulta siempre positiva, por lo que aseguran que la conclusión de sobreamortiguamiento del sistema es correcta.

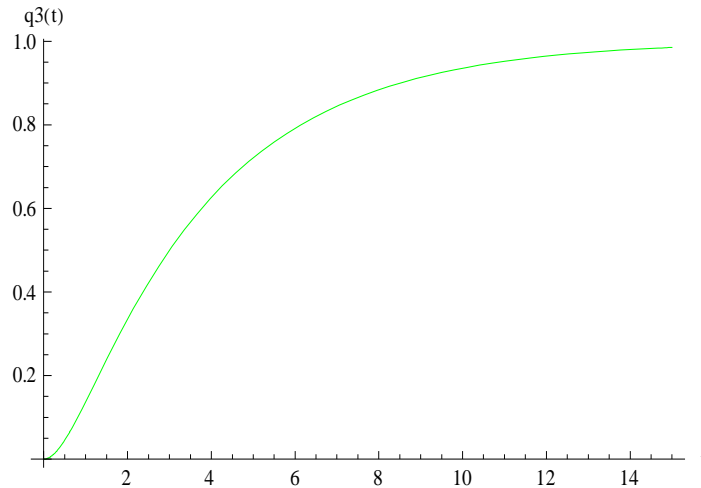


Figura 6 Caudal de salida de los tanques

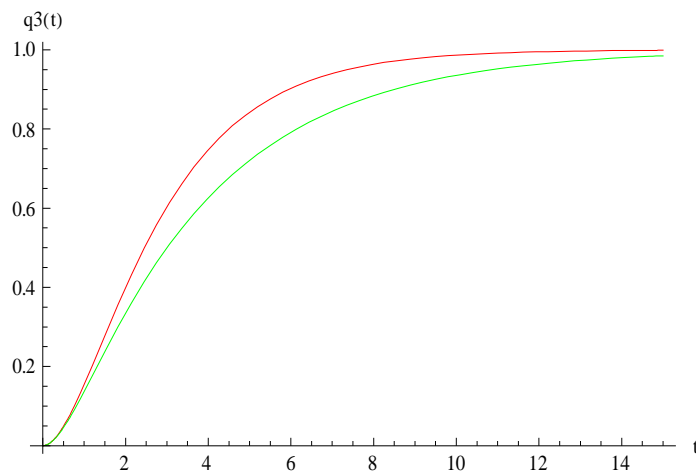


Figura 7 Comparación de los caudales de salida para los dos modelos planteados

En la Figura 6 observan la evolución del caudal de salida en función del tiempo, que tiene características similares al de la Situación problemática N° 1. Comparando las gráficas de este modelo con el anterior (según las Figuras 2 y 6) vemos que en el modelo estudiado en la Ecuación (14), el caudal de salida es levemente menor al del caso anterior.

Teniendo en cuenta además que el modelo de este caso es difícil de resolver, los alumnos logran deducir que es más conveniente trabajar sin interacción entre los tanques, ya que en este caso se logra un vaciado más rápido.

6. CONCLUSIONES

Por lo expuesto se puede inferir que, para facilitar la inserción e incorporación de los medios informáticos en las clases, favoreciendo tanto su variabilidad como la amplitud de su uso, es necesario adoptar, sin la pretensión de acotar el tema, las siguientes prevenciones: presencia, transformación de las concepciones que tenemos sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, formación de docentes, nuevos roles para docentes y alumnos, alfabetización informática-mediática, la organización y gestión Universitaria.

Estas estrategias de enseñanza aprendizaje relacionan permanentemente la realidad con la situación a través de situaciones problemáticas, casos, teorías, etc., desde una óptica investigativa y desde un disparador que puede ser un interrogante, un centro de interés, hasta transformarse en un proyecto.

Este tipo de trabajo de integración multidisciplinar permite que los conceptos, marco teórico, procedimiento, en los que tienen que trabajar profesores y alumnos, se organicen en torno a estructuras conceptuales y metodológicas compartidas por varias disciplinas.

Las tecnologías deben ser incorporadas a un proceso renovado y renovador de enseñanza aprendizaje, donde se empleen en beneficio del desarrollo de capacidades básicas. Se debe lograr que la mediación tecnológica no establezca barreras en la comunicación: estudiante-profesor, estudiante-estudiante, individuo-grupo, se debe estimular por todas las vías posibles la efectividad en el proceso mediado por el uso de las herramientas informáticas, atender a la relación interpersonal que está tras el uso de los medios tecnológicos, las capacidades para las que se ha de preparar al individuo que en su vida social se ha de incorporar como ciudadano profesional.

7. REFERENCIAS

- [1] R. Cabello, D. Levis, *Medios informáticos en la educación a principios del siglo XXI*. Prometeo Libros, Buenos Aires, 2007.
- [2] C. Chadwick, *Algunas consideraciones acerca del aprendizaje, la enseñanza y las computadoras*, en *Nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza*, B. Fainholc (comp), Editorial Aique, Buenos Aires, 1998.
- [3] J. Cabero Almenara (coordinador), *Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación*, Editorial McGraw-Hill, Madrid, 2007.
- [4] K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderna*, Pearson, México, 4ª Ed., 2003.
- [5] G. Ledder, *Ecuaciones Diferenciales, Un Enfoque de Modelado*, Mc Graw-Hill, México, 1ª Ed., 2006
- [6] P. O'Neil, *Matemáticas Avanzadas para Ingeniería*, Thomson Learning, México, 5ª Ed., 2004.
- [7] D. Zill, M. Cullen, *Ecuaciones Diferenciales con problemas de valores en la frontera*, McGraw-Hill Interamericana, México, 5ª Ed., 2008
- [8] E. Kreyszig, *Matemáticas Avanzadas para Ingeniería*, Limusa Wiley, México, 3ª Edición, 2006