UTILIZACIÓN DE ESCENARIOS MATEMÁTICOS INTERACTIVOS: UNA OPORTUNIDAD PARA POTENCIAR EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE CONTENIDOS DE MATEMÁTICA AVANZADA

Eduardo Totter - Silvia Raichman
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cuyo – Mendoza – Argentina
etotter@fing.uncu.edu.ar - sraichman@uncu.edu.ar

Área Temática: Experiencias de Cátedra
Palabras clave: Matemática Avanzada, simulaciones computacionales, aprendizaje significativo.

Resumen: La puesta en vigencia del Plan de Estudios de la Carrera Ingeniería en Mecatrónica, en Facultad de Ingeniería-UNCuyo, implicó la incorporación de la asignatura Matemática Avanzada, que relaciona la matemática aplicada con distintas áreas del conocimiento. El modelo pedagógico incluye una componente computacional con herramientas interactivas diseñadas para la propuesta y destinadas a promover el desarrollo de capacidades exploratorias, de análisis y de visualización, potenciando los procesos comprensivos y reflexivos. Se describen características de la asignatura y de las simulaciones computacionales interactivas. Se presentan resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos luego de implementar la propuesta en el ciclo lectivo 2010.

1 – INTRODUCCIÓN

La puesta en vigencia del Plan de Estudios de la Carrera Ingeniería en Mecatrónica durante el ciclo lectivo 2010, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, implicó la incorporación de la asignatura Matemática Avanzada, con una carga horaria de 60 horas. Dentro de la estructura curricular de la carrera, Matemática Avanzada se ubica en el cuarto semestre y pertenece al grupo de asignaturas básicas de la especialidad, es decir aquellas que son indispensables en la formación del Ingeniero en Mecatrónica (*Plan de Estudios UNCuyo, 2009*).

Se trata de una asignatura interdisciplinaria que inicia al estudiante en los conceptos de formulación matemática de modelos de sistemas reales de interés en Ingeniería en Mecatrónica y su solución mediante métodos analíticos y numéricos. En el sistema de correlatividades vigente, los alumnos deben tener aprobadas las asignaturas Análisis Matemático I, Álgebra, Geometría Analítica y Física I y además deben haber regularizado las asignaturas Análisis Matemático II, Cálculo Numérico y Física II, para poder cursar Matemática Avanzada.

La apropiada utilización de los nuevos recursos tecnológicos brinda una atrayente posibilidad para la realización de mejoras a las estrategias didácticas tradicionales, logrando de esta manera la posibilidad cierta de potenciar los procesos de construcción del conocimiento e incrementar la calidad del aprendizaje significativo (*Barberá, 2004*). Las nuevas tecnologías permiten la creación de ambientes de aprendizaje complementarios que aportan todos aquellos elementos pedagógicos que no es posible desarrollar en una clase tradicional, completando y enriqueciendo de esta manera el proceso de enseñanza y aprendizaje. En trabajos anteriores (*Totter, Raichman, 2009; Raichman, Totter, 2010*), se presentó una propuesta pedagógica para la asignatura Geometría Analítica en la modalidad de blended-learning, que incluye una componente virtual implementada a partir de la utilización de herramientas computacionales interactivas que implicó una mejora significativa en el rendimiento académico de los estudiantes y en el desempeño general de los mismos.

En este trabajo, se describen las principales características de la asignatura Matemática Avanzada y de las simulaciones computacionales interactivas diseñadas e implementadas específicamente para complementar el desarrollo de los contenidos teórico prácticos. Se presentan algunos resultados cualitativos y cuantitativos, obtenidos luego de la implementación de la propuesta en el ciclo lectivo 2010.

2 – DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ASIGNATURA

En el marco de los objetivos planteados para el desarrollo de la asignatura, se busca que al finalizar el curso de Matemática Avanzada, los alumnos sean capaces de (*Programa Asignatura, 2010*): reconocer las distintas etapas en el proceso de construcción de modelos de sistemas reales; plantear y resolver en forma analítica y numérica modelos matemáticos de interés en Ingeniería en Mecatrónica; realizar experimentación numérica a partir del uso de paquetes de cómputos apropiados y estudiar el comportamiento de soluciones de sistemas dinámicos lineales de interés en Ingeniería en Mecatrónica.

A partir de los contenidos del programa de la asignatura, se establecen dos redes de articulación: una red hacia el interior de la propia asignatura, que tomando como eje la situación problema planteada para cada unidad temática, va integrando los contenidos y las actividades; y una red externa, de articulación horizontal y vertical con otras asignaturas del diseño curricular. En los contenidos conceptuales y procedimentales se articula con asignaturas previas, tales como Álgebra, Geometría Analítica, Análisis Matemático I y II, Física I y II y Cálculo Numérico. En las aplicaciones, se plantea la solución numérica de problemas ya estudiados en otras asignaturas y se vincula con problemas a estudiar, articulando así con asignaturas tales como Estática y Resistencia de los Materiales, Mecánica Aplicada, Mecánica de los Fluidos y Mecánica Vibratoria, entre otras.

Cada clase se divide en dos módulos: un primer módulo teórico-práctico, con énfasis en los fundamentos teóricos, y un segundo módulo con énfasis en la ejercitación y las aplicaciones, a partir de una guía de trabajos

prácticos. En ambos módulos se tienden puentes cognitivos con contenidos previos y con los propios de la asignatura, promoviendo la adecuada resignificación de los mismos.

Se trabaja con una guía de ejercitación práctica para cada tema. Los desarrollos de la guía poseen una primera parte destinada al trabajo en lápiz y papel y desarrollos analíticos y otra preparada específicamente para la implementación computacional de diversas soluciones que permitan al alumno estudiar las distintas posibilidades de solución a partir de la variación de parámetros específicos del problema, con una adecuada representación gráfica de las respuestas buscadas.

Los contenidos desarrollados en el aula, son complementados con herramientas computacionales interactivas denominadas en el marco de este trabajo, *Escenarios Matemáticos Interactivos* (EMIs). Estas herramientas fueron desarrolladas para los temas específicos a presentar en clase, se utilizan en forma paralela al dictado del tema tratado y permiten observar hechos, fenómenos y propiedades difíciles de representar con metodologías tradicionales.

Adicionalmente se propone la elaboración de trabajos integradores, que permiten a los estudiantes profundizar en temas de su interés y acercarse al mismo tiempo a la problemática específica de la especialidad elegida. Los alumnos deben determinar soluciones a una situación problema planteada, vinculada a la Ingeniería en Mecatrónica, utilizando métodos analíticos y/o numéricos sobre el modelo matemático.

En todos los casos, tanto en los módulos teórico-prácticos mencionados, como así también en los problemas planteados para su solución en la guía de práctica, se estimula el razonamiento, el pensamiento crítico y la confrontación de ideas como procesos en la construcción de conocimientos, así como también, el interés por el dominio de los instrumentos analíticos propios del ingeniero, proponiendo un análisis crítico y reflexivo de resultados con criterio ingenieril.

3 – DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DISEÑADAS.

Un elemento muy importante de la propuesta descripta, son los *Escenarios Matemáticos Interactivos* (EMIs). Los mismos son herramientas computacionales interactivas que constituyen el eje en torno del cual gira la componente complementaria computacional de la presente propuesta. La implementación de la misma, requirió el diseño y programación de una serie de simulaciones computacionales, de las cuales se describen a continuación las siguientes:

- ECU | Ecuación de Calor Unidimesional
- EOU | Ecuación de Onda Unidimesional
- ELBI | Ecuación de Laplace Bidimensional

Cada uno de los *Escenarios Matemáticos Interactivos* consta de áreas bien definidas:

1 - <u>Área de visualización y exploración</u>: constituye el núcleo de las aplicaciones implementadas, ya que es el área en la que se representan gráficamente el problema en estudio y sus principales aspectos geométricos. La visualización de la misma permite a los estudiantes investigar, explorar y plantear nuevas hipótesis a partir de la utilización de los comandos de interactividad y casillas de verificación e ingreso de valores para los parámetros analizados. En la Figura 1 se puede observar el área de visualización del *Escenario Interactivo*-ECU para el estudio unidimensional de la ecuación de calor.

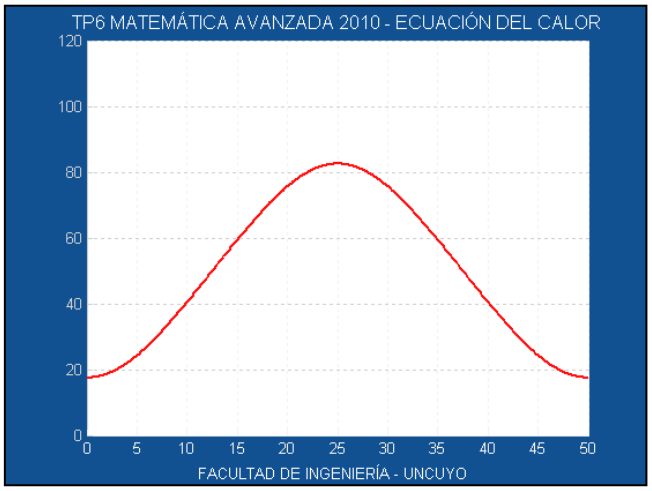

Figura 1: *Escenario Matemático Interactivo* para el estudio de la Ecuación del Calor Unidimensional

2 - <u>Área de interactividad</u>: contiene los controles necesarios para la definición de los parámetros que caracterizan al problema en estudio, los cuales están relacionados con el modelo matemático y permiten al estudiante la modificación de los mismos para visualizar los cambios en la respuesta del sistema ante las variaciones propuestas.

Para la utilización de los escenarios, se parte de una configuración de partida predeterminada que representa las condiciones iniciales del problema en estudio, propuesta de forma tal que sean fácilmente presentados ante los estudiantes, las variables y los elementos de interés, en un todo de acuerdo a la actividad que se está desarrollando. El usuario puede volver a la configuración inicial, a partir del control de reinicio o reiniciando las variables convenientemente y luego modificar libremente los parámetros asociados al problema, para de esa manera continuar con la exploración cuantas veces lo considere necesario.

A continuación se describen cada uno de los tres Escenarios mencionados:

EOU | Ecuación de Onda Unidimesional:

La presente herramienta computacional fue diseñada para visualizar los aspectos relacionados a la ecuación diferencial que gobierna las pequeñas vibraciones transversales de una cuerda elástica fija en los extremos, sometida a una tensión T y con densidad constante. El problema a resolver es encontrar la función $u(x, t)$, para un determinado instante t cualquiera, siendo u la variable que define la deflexión de la cuerda para cualquier punto de la misma. El modelo matemático de este problema, para las condiciones detalladas, está dado por la ecuación diferencial parcial de segundo orden (1), (*Edwards, Penney, 2009*):

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \tag{1}$$

La relación entre la tensión de la cuerda T y la densidad de la cuerda ρ, está dada por la constante física: $c^2 = \frac{T}{\rho}$

El *Escenario Matemático Interactivo* fue programado por medio de la utilización de Matlab® y se diseñó a partir de la premisa de utilizar desarrollos en Series de Fourier para su solución. De esta manera la herramienta permite visualizar en modo de animación, la vibración de la cuerda para las condiciones iniciales definidas, brindando al estudiante y al docente la posibilidad de explorar durante las horas de clase o posteriormente en etapas de estudio, la influencia de la cantidad de términos de la serie de Fourier considerada, el efecto de la variación en la tensión de la cuerda y el efecto de cambios en la densidad de la misma. Otro parámetro de definición en el problema y que es posible variar con cada animación, es el tiempo total de duración de la misma. En la Figura Nro. 2, se puede observar la posición de la cuerda vibrante en un determinado instante t hallada a partir de la utilización del escenario descripto.

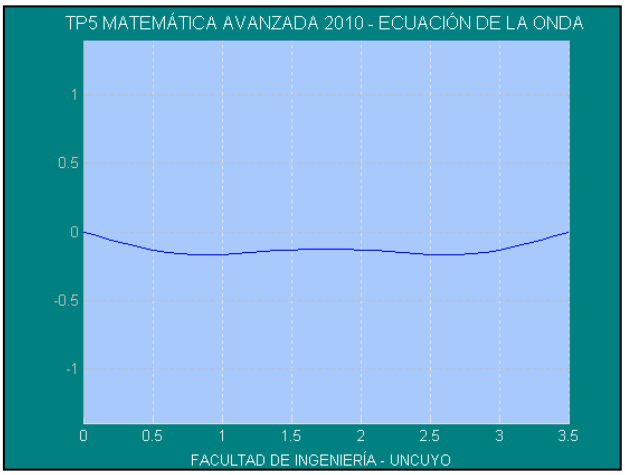

Figura 2: *Escenario Matemático Interactivo* para el estudio de la Ecuación de Onda Unidimensional.

ECU | Ecuación de Calor Unidimesional:

En este caso la herramienta programada permite estudiar e investigar aspectos relacionados a la ecuación diferencial que gobierna la transmisión de calor en un cuerpo unidimensional de material homogéneo, de conductividad térmica K, con calor específico S y densidad constante. El problema a resolver en este caso es encontrar la función $u(x, t)$, para un determinado instante t cualquiera, siendo u, la variable que define la temperatura del cuerpo para cualquier punto del mismo. El modelo matemático para las condiciones detalladas, está dado por la ecuación diferencial parcial de segundo orden (2), (*Edwards, Penney, 2009*):

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \tag{2}$$

La relación entre la conductividad térmica K, el calor específico S y la densidad del material ρ, está dada por la constante física: $c^2 = \frac{K}{S\rho}$

De la misma manera que el escenario descripto en el párrafo previo, la programación se realizó por medio de la utilización del programa Matlab®. Se respetó también en este caso la premisa de utilizar los desarrollos en Series de Fourier para la resolución del problema. Esto habilita la posibilidad de estudiar la incidencia del número de términos considerado de las Series de Fourier, tanto para las condiciones iniciales del modelo, como en la resolución final del mismo. En la Figura Nro. 3 podemos observar gráficamente la diferencia en las condiciones iniciales de un determinado problema, considerando distinto número de términos de los desarrollos en Series de Fourier.

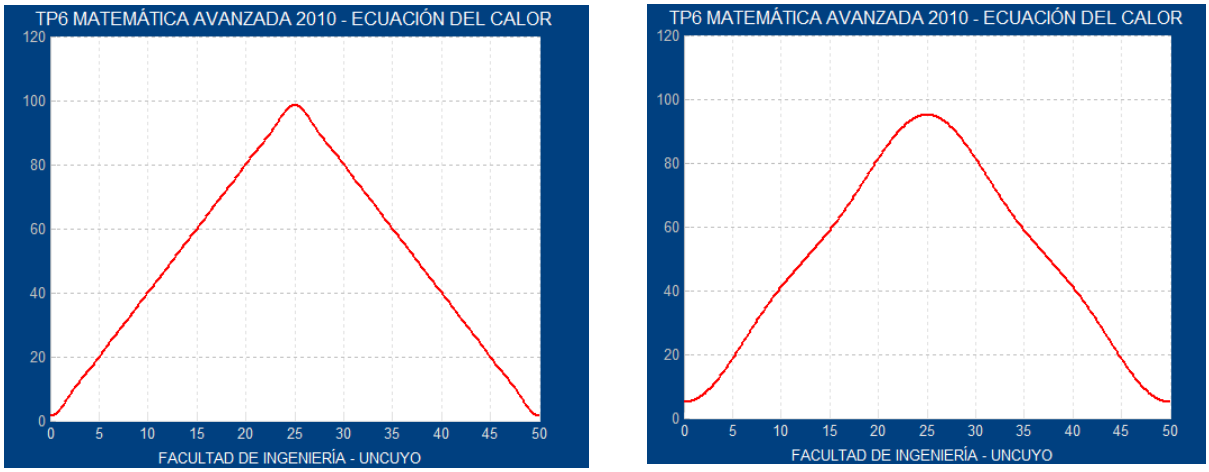

Figura 3: Influencia del número de términos considerados en el desarrollo en Series de Fourier, en condiciones iniciales, para la Ecuación del Calor unidimensional.

El escenario descripto brinda la posibilidad de visualizar, en modo de animación, la variación temporal de la distribución de temperaturas en el elemento estudiado para las condiciones definidas, permitiendo la exploración de los efectos producidos por la variación en los parámetros de conductividad térmica, densidad del material y calor específico del mismo. A manera de ejemplo de lo descripto, se puede observar en la Figura Nro. 4, la distribución de temperatura para el instante t=20s correspondiente a una barra metálica de extremos aislados.

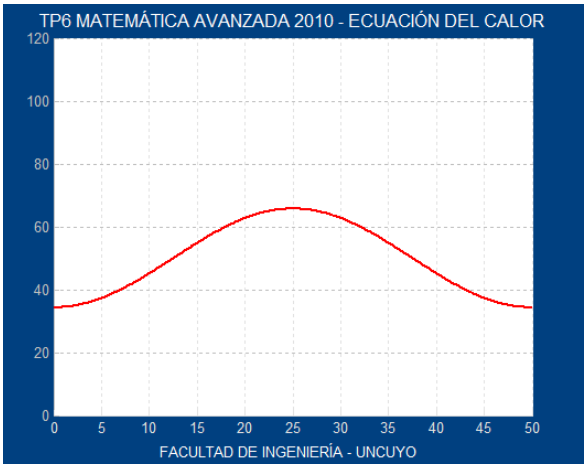

Figura 4: Distribución de temperatura para un instante *t*=20*s* en una barra metálica de extremos aislados.

ELBI | Ecuación de Laplace para un dominio bidimesional:

El *Escenario Matemático Interactivo* ELBI, permite visualizar los aspectos relacionados a la ecuación diferencial de Laplace, aplicada al problema de flujo de calor estacionario en un dominio bidimensional. En este caso la ecuación diferencial parcial de segundo orden elíptica está dada por la ecuación (3), (*Edwards, Penney, 2009*):

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \qquad (3)$$

En la presente aplicación de la misma, el problema a resolver es encontrar la función $u(x, y)$, siendo u la variable que define la temperatura en cada punto del dominio. El *Escenario Matemático Interactivo* fue programado por medio de la utilización de la herramienta computacional *Easy Java Simulations*, (*Programa*

Easy Java Simulations, http://fem.um.es/EJS, *2010*), con la cual se generaron los correspondientes ejecutables y un applet para ser utilizado en la futura implementación del módulo temático en el Campus Virtual de la Universidad Nacional de Cuyo.

En esta oportunidad el escenario fue diseñado específicamente para el estudio del Método de Diferencias Finitas, (*Chapra, Canale, 2007*), por lo cual la herramienta permite definir distintos criterios de discretización del dominio y modificar convenientemente las condiciones de borde del problema, a partir de la definición de temperaturas independientes en cada uno de los contornos del dominio. La Figura Nro. 5 permite visualizar para una determinada condición de temperatura en los bordes de la placa estudiada, el efecto de dos discretizaciones del dominio de 20 y 50 elementos respectivamente en ambas direcciones.

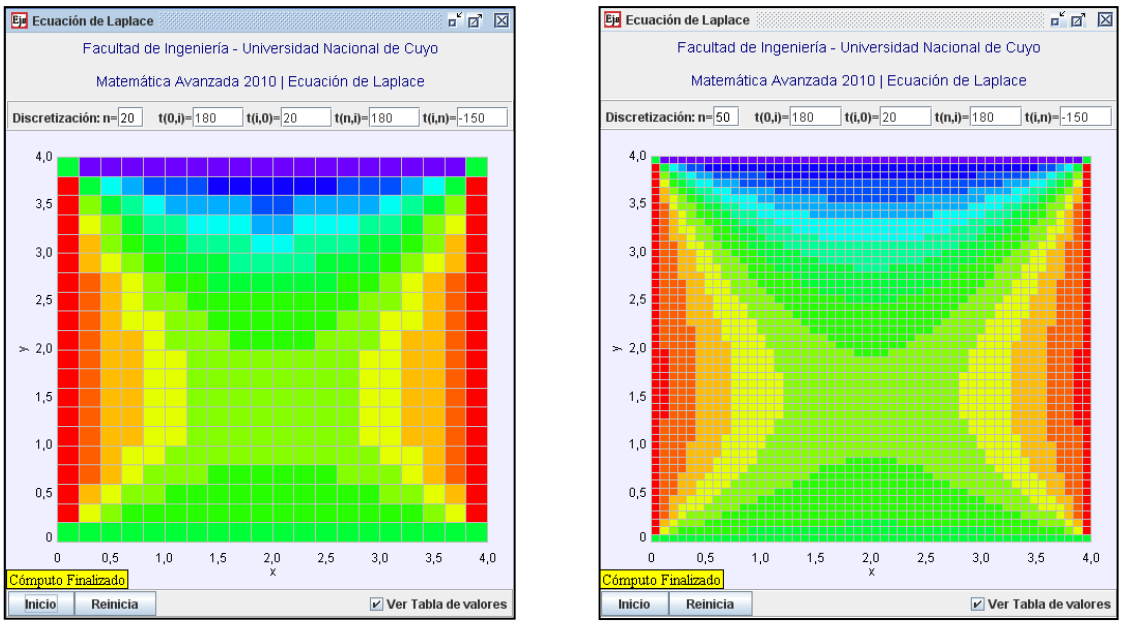

Figura 5: ***Escenario Matemático Interactivo*** **para el estudio de la Ecuación de Laplace en dos dimensiones por Diferencias Finitas: dos discretizaciones del mismo problema.**

La programación del Escenario, implica la resolución numérica del problema planteado por medio de la utilización del método de Gauss-Seidel con relajación. En el área de visualización, es posible realizar un seguimiento en forma gráfica del desarrollo del proceso iterativo, a través de una actualización de colores para cada paso de dicho proceso. Esto permite observar la dinámica del procedimiento iterativo a medida que éste avanza. La convergencia del método hacia los valores buscados brinda la distribución final de temperatura en cada uno de los nodos de discretización con su respectiva representación gráfica.

En forma adicional, es posible extraer los valores numéricos de las temperaturas correspondientes a cada nodo a partir de la visualización optativa de la tabla de valores que los contiene, tal como puede observarse en la Figura Nro 6.

Temperatura

	0	1	2	3	4	5	6
0	0,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
1	180,00	99,91	68,20	53,24	45,01	39,92	36,46
2	180,00	131,45	99,65	79,75	66,90	58,18	51,97
3	180,00	146,23	119,19	99,21	84,66	73,95	65,88
4	180,00	154,28	131,69	113,22	98,59	87,07	77,96
5	180,00	159,20	140,05	123,41	109,40	97,80	88,22
6	180,00	162,48	145,92	130,95	117,82	106,51	96,84
7	180,00	164,79	150,19	136,65	124,42	113,57	104,03
8	180,00	166,50	153,40	141,05	129,65	119,31	110,02
9	180,00	167,79	155,88	144,50	133,83	123,99	115,00
10	180,00	168,80	157,81	147,23	137,20	127,82	119,13
11	180,00	169,59	159,35	149,42	139,93	130,95	122,56
12	180,00	170,22	160,57	151,18	142,13	133,52	125,39
13	180,00	170,72	161,55	152,59	143,91	135,60	127,70
14	180,00	171,12	162,33	153,71	145,33	137,27	129,56
15	180,00	171,43	162,93	154,58	146,45	138,58	131,04
16	180,00	171,66	163,39	155,25	147,30	139,59	132,17
17	180,00	171,83	163,73	155,74	147,92	140,31	132,98
18	180,00	171,95	163,95	156,05	148,32	140,78	133,50
19	180,00	172,00	164,06	156,22	148,52	141,02	133,74
20	180,00	172,01	164,08	156,24	148,54	141,02	133,73
21	180,00	171,98	164,00	156,12	148,38	140,81	133,47
22	180,00	171,90	163,84	155,87	148,05	140,39	132,96
23	180,00	171,77	163,58	155,49	147,54	139,77	132,21
24	180,00	171,60	163,24	154,98	146,86	138,92	131,21

Figura 6: ***Escenario Matemático Interactivo*** **para el estudio de la Ecuación de Laplace en dos dimensiones por Diferencias Finitas: Matriz numérica de salida del programa con los valores de temperatura en los nodos de la discretización.**

4 – IMPLEMENTACIÓN DEL 1er. CURSADO DE LA ASIGNATURA.

Durante el ciclo lectivo 2010, cursaron la asignatura un total de 12 alumnos, los cuales fueron seleccionados entre los aspirantes a ingresar a la carrera de Ingeniería en Mecatrónica. El proceso de selección se lleva a cabo durante el cursado del tercer semestre de las carreras vigentes en Facultad de Ingeniería de UNCuyo, por una Comisión formada a tal efecto, la cual establece el orden de mérito en función del promedio de calificaciones obtenidas por los estudiantes, el coeficiente de regularidad y entrevistas a los mismos, según lo fija la Ordenanza correspondiente.

Desde el punto de vista de la metodología de trabajo y de los recursos didácticos utilizados en las distintas actividades, se destaca la complementariedad lograda entre los contenidos desarrollados en el aula y los Escenarios Matemáticos Interactivos descriptos en los apartados anteriores. La potencialidad de estas herramientas, utilizadas en forma paralela al dictado del tema tratado, brinda la posibilidad de observar hechos, fenómenos y propiedades difíciles de representar con metodologías tradicionales.

En forma adicional se plantea la realización de Trabajos Integradores, realizados en pequeños grupos de estudiantes, que ofrecen a los mismos la posibilidad de profundizar temas de su interés, promoviendo además capacidades asociadas a la investigación y la innovación.

El proceso de evaluación de la asignatura consiste en una serie de 3 evaluaciones parciales escritas con puntaje acumulativo. Los alumnos deben poseer un mínimo de 180 puntos luego de las tres evaluaciones, y no haber obtenido un puntaje inferior a 40 puntos en ninguna de ellas, existiendo instancias de recuperación para los casos en que lo anterior no se cumpla.

Habiendo aprobado adecuadamente las evaluaciones parciales y cumpliendo los requisitos de asistencia y aprobación de los trabajos prácticos, el estudiante obtiene su condición de regularidad, la cual lo habilita a rendir el examen final oral y teórico-práctico de la asignatura. En el mismo se evalúan la totalidad de los temas desarrollados, constituyendo esta instancia una actividad de síntesis e integradora de los contenidos.

En el siguiente apartado se presentan resultados de encuestas y entrevistas realizadas a los estudiantes al finalizar el cursado, así como también los promedios de calificaciones obtenidas por los mismos en las evaluaciones parciales de la asignatura.

5 – RESULTADOS.

Luego de finalizado el cursado de Matemática Avanzada, se realizaron encuestas a los estudiantes acerca de sus percepciones sobre el uso de simulaciones computacionales como complemento al desarrollo de los contenidos de la asignatura. En la Tabla 1 se puede observar una síntesis de los resultados de dicha encuesta en términos de frecuencia de respuestas obtenidas para cada ítem.

Simulaciones computacionales en la asignatura Matemática Avanzada

Consideras que las simulaciones computacionales desarrolladas para la asignatura Matemática Avanzada, ayudan al estudiante en:		1 es igual a "Nada" y 5 es igual a "Mucho"					
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**No sé**
a	La *comprensión* de los problemas en estudio.	0	0	0	4	8	0
b	La *visualización* de los problemas en estudio.	0	0	0	2	10	0
c	En el *análisis* de las soluciones ante variaciones en los parámetros	0	0	0	2	10	0
d	En la *comparación* de diversas situaciones problemáticas	0	0	0	3	9	0
e	En la *confirmación* de hipótesis previamente planteadas	0	0	0	6	6	0
f	La *reflexión* sobre los problemas en estudio.	0	0	0	4	8	0

Tabla 1: Frecuencia de respuestas sobre aspectos relativos a las simulaciones computacionales utilizadas en Matemática Avanzada.

En forma adicional, se realizaron entrevistas personales con los estudiantes, de las cuales se destacan los siguientes comentarios:

- "Después de mucho tiempo recordaré de las clases de Matemática Avanzada, la utilización de las simulaciones en el momento del desarrollo de cada tema".
- "Estoy muy interesado en realizar y programar mis propias simulaciones para resolver otros problemas".
- "Poder realizar este tipo de experimentación sería imposible con lápiz y papel".
- "Las herramientas utilizadas son muy ventajosas a la hora de proponer distintas hipótesis y visualizarlas en el momento".
- "Es fácil comparar soluciones para distintos valores de los parámetros del problema al tener una rápida respuesta por parte de la simulación y poder así sacar conclusiones".

- “Fue muy ventajoso el hecho de ser pocos alumnos. Esto permite visualizar en mejores condiciones las simulaciones e interactuar con el profesor y los compañeros”.
- “El uso de simulaciones en Matemática Avanzada, ayuda a comprender mejor los conceptos que incluyen desarrollos matemáticos complejos como los que estudiamos en esta asignatura”.

Es importante destacar que luego del cursado de la asignatura en el ciclo lectivo 2010, obtuvieron la regularidad la totalidad de los alumnos inscriptos. En la Tabla Nro. 2 se pueden observar los promedios obtenidos por los mismos en las evaluaciones parciales.

Evaluación Parcial	Tema evaluado	Promedio de calificaciones obtenidas
Primera Evaluación	Modelos – Sistemas de Ecuaciones diferenciales ordinarias	**93.8**
Segunda Evaluación	Series de Fourier – Ecuaciones Diferenciales Parciales Ecuación de Onda	**86.7**
Tercera Evaluación	Ecuaciones Diferenciales Parciales – Ecuación de Calor Transformada de Laplace	**89.8**

Tabla 2: Promedios de calificaciones obtenidas por los alumnos en las evaluaciones parciales de la asignatura.

Cabe señalar además, como resultado directo, que la utilización de los *Escenarios Matemáticos Interactivos* durante el cursado de la asignatura, motivó a los estudiantes a desarrollar herramientas computacionales propias para la resolución y visualización de los problemas planteados por los distintos grupos en los Trabajos Integradores. Algunos de los mismos se encuentran en proceso de preparación para su presentación en Jornadas y Congresos de la especialidad tal como muestra la Tabla Nro. 3.

Grupo de Trabajo	Tema desarrollado	Características
A	Método para la resolución de ecuaciones diferenciales parciales parabólicas con condiciones de Neumann y temperaturas fijas.	Análisis teórico e implementación computacional - Simulación
B	Análisis de la ecuación de onda bidimensional.	Análisis teórico e implementación computacional - Simulación

Tabla 3: Trabajos integradores motivados a partir del uso de simulaciones interactivas en el aula de Matemática Avanzada.

6 – CONCLUSIONES.

Se ha presentado una descripción general de la asignatura Matemática Avanzada, la cual inicia a los estudiantes en los conceptos de formulación matemática de modelos de sistemas reales de interés en Ingeniería en Mecatrónica y su solución mediante métodos analíticos y numéricos.

Se han descripto una serie de herramientas computacionales interactivas, denominadas en el marco de esta propuesta *Escenarios Matemáticos Interactivos* (*EMIs*), implementadas a los efectos de favorecer y enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje. Estos escenarios constituyen una herramienta computacional muy valiosa para los estudiantes que permite a los mismos visualizar, explorar, adquirir nuevos conceptos y relacionarlos entre sí, investigar propiedades y aventurar hipótesis, comprobando su validez en tiempo real, relacionando de esta manera los parámetros de control y de respuesta que describen los modelos matemáticos estudiados.

La aplicación e integración de los conocimientos adquiridos a partir del trabajo con las herramientas computacionales, favorece los procesos comprensivos y reflexivos, tal como lo expresan los estudiantes en las encuestas y entrevistas realizadas y que así mismo se ve reflejado en los altos promedios obtenidos en las evaluaciones parciales.

A partir de lo expresado por los alumnos en las encuestas y entrevistas, así como también de las consideraciones del equipo de cátedra, las clases mediadas por tecnologías con utilización de simulaciones computacionales interactivas, son evaluadas como actividades positivas y enriquecedoras, que promueven la aplicación, integración y transferencia de contenidos, tendiendo puentes cognitivos hacia el interior de la asignatura y con otras asignaturas del diseño curricular.

A partir del trabajo de campo realizado por los docentes, de las percepciones de los estudiantes y de los alentadores resultados obtenidos en esta primera implementación, es posible anticipar que cuando al trabajo analítico de demostraciones y ejercitación sobre un determinado problema, se le adiciona la posibilidad de visualización de distintas situaciones con el uso de simulaciones computacionales apropiadas, se generan en los

estudiantes nuevos registros de representación interna que incrementan la calidad del aprendizaje significativo. Asimismo, el estudio de los cambios en los parámetros de respuesta del modelo ante variaciones en los parámetros de control, facilitado por las herramientas interactivas, permite a los estudiantes avanzar en una comprensión más compleja y profunda del comportamiento de sistemas reales de interés en Ingeniería en Mecatrónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barberá, E., "*La Educación en la Red. Actividades virtuales de enseñanza y aprendizaje"*; Ediciones Paidós Ibérica, España, 2004.

Chapra, S. Canale R., *"Métodos Numéricos para Ingenieros"*, Mc Graw Hil Interamericanal, México, 2007.

Edwards C.; Penney D., "Ecuaciones *Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera. Cómputo y Modelado*". Pearson, Prentice Hall, 2009.

Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, Ordenanza Nº 01, Consejo Directivo, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Marzo de 2009.

Programa de la asignatura Matemática Avanzada, Ingeniería en Mecatrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 2010.

Programa Easy *Java Simulations*. Sitio web oficial, http://fem.um.es/EJS

Raichman, S.; Totter, E. "*Creatividad e innovación en la enseñanza de las superficies cuádricas: utilización de escenarios geométricos interactivos en ambientes virtuales complementarios de aprendizaje*". V Seminario Internacional de Legados y Horizontes para el Siglo XXI. Universidad Nacional del Centro de la Pcia. Buenos Aires. ISBN-978-950-658-246-3 Tandil, Septiembre de 2010.

Totter, E., Raichman , S. R.; *"Creación de espacios virtuales de aprendizaje en el área Ciencias Básicas en carreras de Ingeniería".* Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, Vol.4. La Plata, Octubre de 2009. http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/