

El rol de la visualización y de los recursos tecnológicos en el aprendizaje significativo de conceptos de Matemática Avanzada.

Eduardo Totter, Silvia Raichman, Aníbal Mirasso
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo
Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza - Argentina

etotter@fing.uncu.edu.ar, sraichman@uncu.edu.ar, aemirasso@uncu.edu.ar

Resumen

La utilización de estrategias didácticas, diseñadas con el objeto de incrementar la calidad del aprendizaje significativo de contenidos de asignaturas del área matemática en carreras de ingeniería, brinda la oportunidad a los docentes de promover una mejora en los procesos de construcción de conocimientos. En este marco juega un papel fundamental desde el punto de vista pedagógico, la posibilidad de brindar a los alumnos una serie de herramientas de visualización interactivas, desarrolladas a partir de la utilización de recursos tecnológicos apropiados para ser utilizadas en forma sincrónica, generando de esta manera un incremento en la calidad didáctica de los contenidos en estudio. La visualización de diversos aspectos seleccionados específicamente, asociados a conceptos matemáticos que poseen alto nivel de abstracción, permite a los estudiantes movilizar procesos cognitivos que derivan en una adecuada comprensión de los problemas. En este trabajo se presenta una descripción a partir de experiencias concretas, del rol que cumplen la visualización y los recursos tecnológicos a la hora de incrementar el aprendizaje significativo de contenidos matemáticos específicos en carreras de ingeniería. Se presentan además una serie de herramientas computacionales especialmente diseñadas para su utilización en la propuesta, junto con resultados obtenidos asociados al

rendimiento académico de alumnos participantes.

Palabras claves: Visualización, Matemática Avanzada, aprendizaje significativo, recursos tecnológicos.

Introducción

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, en la ciudad de Mendoza, Argentina, crea en el año 2009 la carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Dicha carrera tiene por misión la formación integral de profesionales que posean los suficientes recursos técnicos y metodológicos en disciplinas asociadas a la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica e informática industrial. El perfil de un profesional de la Ingeniería en Mecatrónica, requiere una sólida formación en diversas disciplinas entre las que se encuentran las relacionadas a las ciencias básicas y en particular las correspondientes al área matemática.

La estructura curricular de la carrera contempla el cursado de la asignatura Matemática Avanzada durante el desarrollo del cuarto semestre (*Plan de Estudios Carrera de Ingeniería en Mecatrónica*, 2009). Esta es una actividad curricular de características interdisciplinarias y forma parte del grupo de asignaturas básicas de dicha especialidad, es decir aquellas que son indispensables en la formación del ingeniero en Mecatrónica.

Matemática Avanzada inicia al estudiante en la comprensión y dominio

de los conceptos de formulación matemática de sistemas físicos reales de interés en Ingeniería en Mecatrónica, brindando al mismo los conocimientos y habilidades necesarios para el estudio, análisis, comprensión y resolución de modelos matemáticos de sistemas dinámicos lineales, por medio de la utilización de procedimientos analíticos y numéricos apropiados.

El empleo de dichos procedimientos se encuentra debidamente sustentado por la utilización equilibrada y coherente de recursos tecnológicos apropiados y de herramientas computacionales específicamente diseñadas para su interacción con determinados contenidos de la asignatura (*Programa de Matemática Avanzada*, 2009).

El aprendizaje de las matemáticas aplicadas en carreras de ingeniería, requiere el manejo de una serie de conceptos de variada complejidad y de modelos matemáticos que a partir de un determinado nivel de simplificación representan al sistema físico real en estudio. En este contexto, se enfrenta al estudiante a diversas situaciones que poseen un alto nivel de abstracción, lo que tiende a generar dificultades que obstaculizan un adecuado proceso de construcción de conocimientos de los contenidos involucrados.

De esta manera y de acuerdo a lo descrito, los diversos recursos de visualización de conceptos matemáticos que la asignatura esté en condiciones de brindar a los estudiantes, cobran una importancia fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Las estrategias didácticas sustentadas en una amplia variedad de dichos recursos, adecuadamente articulados a los contenidos tratados y diseñados específicamente de acuerdo a una intencionalidad educativa coherente con los objetivos de la asignatura y con el modelo pedagógico de la misma, tienden puentes hacia un incremento en el desarrollo de capacidades de análisis y

de visualización, potenciando de esta manera los procesos comprensivos y reflexivos de los estudiantes.

Fundamentación

En Investigación Educativa es posible encontrar variados reportes sobre la importancia fundamental que presentan los conceptos de visualización de un determinado problema en la didáctica de las matemáticas, (*Duval R.*, 1999), (*Hitt, F.*, 1998), (*Zimmerman, W.*, 1991), (*Gilbert, et. al.*, 2005), entre otros.

A partir del análisis y discusión de diversos enfoques existentes, en el ámbito de la asignatura Matemática Avanzada, se entiende por visualización matemática a la conjunción equilibrada de una serie de procesos mentales a partir de los cuales los estudiantes acceden a una comprensión más profunda y significativa de un determinado contenido temático, por medio del análisis, comparación y experimentación guiada o autónoma con una determinada cantidad de registros visuales disponibles.

Es innegable que la enseñanza de las ciencias en general y en particular las relacionadas con las asignaturas correspondientes a las diversas carreras de ingeniería, tradicionalmente han tenido un sustento importante en el caudal de información gráfica que se entrega a los alumnos. Por otra parte y pensando en el desarrollo de la última década, se produce un hecho que proporciona nuevos horizontes a la visualización matemática. Esto es la introducción a los ámbitos educativos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), que junto con una serie de recursos tecnológicos accesibles a mayor cantidad de usuarios (*Barberá*, 2004), configuran un panorama sumamente atrayente, de nuevas herramientas didácticas destinadas a potenciar los procesos de visualización matemática.

De esta manera, la realidad indica que en la actualidad es posible encontrar recursos de visualización de diferentes categorías, los cuales brindan al estudiante la posibilidad de acceder a diferentes niveles de comprensión de un determinado problema. La Tabla 1 permite ordenar los recursos de visualización disponibles para el caso específico de asignaturas del área matemática en carreras de ingeniería en tres grandes grupos.

Grupo	Recursos de visualización
Recursos tradicionales	<ul style="list-style-type: none"> . Gráficos . Ábacos . Tablas . Diagramas de flujo . Mapas conceptuales . Fotografías
Recursos sustentados en la utilización sincrónica o asincrónica de herramientas computacionales	<u>No interactivos:</u> <ul style="list-style-type: none"> . Presentaciones multimedia . Videos
	<u>Interactivos:</u> <ul style="list-style-type: none"> . Simulaciones computacionales
Recursos sustentados en la reproducción del fenómeno a estudiar	<ul style="list-style-type: none"> . Ensayos de laboratorio . Utilización de prototipos en el aula

Tabla 1. Clasificación general de recursos de visualización.

La Figura 1 muestra un ejemplo ilustrativo de un recurso de visualización tradicional consistente en la representación gráfica de la relación fuerza-desplazamiento correspondiente a un elemento de rigidez no lineal utilizada en modelos de sistemas vibratorios mecánicos no lineales. Este tipo de representación visual es usualmente encontrada en la bibliografía especializada, en notas y guías de estudio desarrolladas para los estudiantes y en las clases teórico-prácticas dictadas

por los docentes en las aulas de la asignatura.

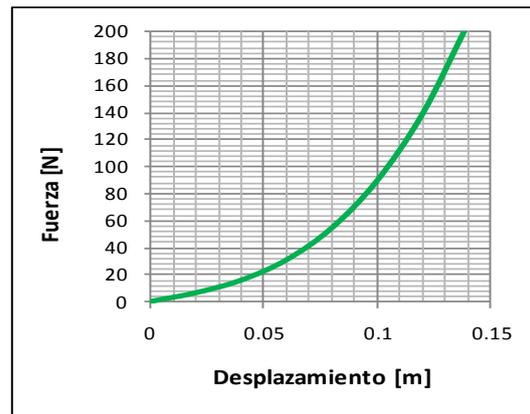


Figura 1. Representación gráfica de la relación fuerza-desplazamiento para un resorte no lineal. Ejemplo de recurso de visualización tradicional.

En el caso de los recursos sustentados en la utilización sincrónica o asincrónica de herramientas computacionales, encontramos distintas posibilidades y niveles de complejidad en los mismos. Básicamente es posible tomar un criterio general para su clasificación en dos grandes grupos, de acuerdo a que los mismos posean o no posibilidades de interactividad aplicables a los objetivos buscados en su diseño.

En este trabajo haremos hincapié en las características destacables y principales ventajas que podemos encontrar en este tipo de herramientas de visualización y en especial las que poseen interactividad con el usuario.

De esta manera, la Figura 2 permite observar un ejemplo específico de un recurso de visualización interactivo, basado en recursos tecnológicos computacionales, diseñado específicamente para su utilización sincrónica y asincrónica en el estudio y análisis bidimensional de la Ecuación de Laplace.

Como es lógico suponer, las herramientas de visualización interactivas basadas en la utilización de recursos tecnológicos computacionales, debidamente integradas en estrategias didácticas motivadoras e innovadoras, enriquecen el modelo pedagógico del

cual forman parte, creando espacios de aprendizaje complementarios que permiten incorporar en los estudiantes registros de visualización que no es posible lograr con clases tradicionales, incrementando de esta manera la calidad del aprendizaje significativo.

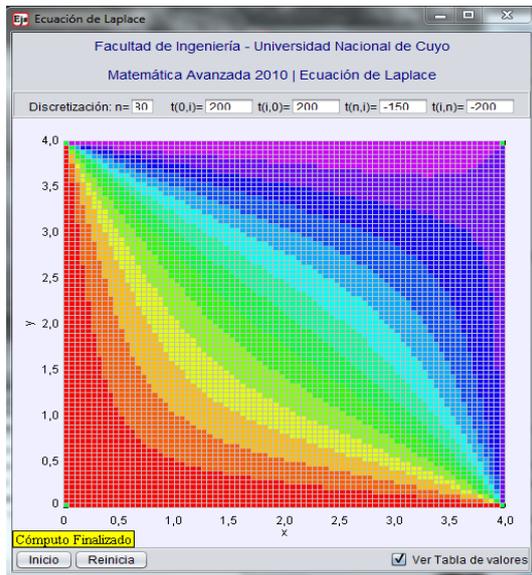


Figura 2. Simulación computacional interactiva para el estudio bidimensional de la Ecuación de Laplace. Ejemplo de un recurso de visualización interactivo computacional.

A continuación se realizarán algunas consideraciones generales y reflexiones particulares referidas específicamente a las herramientas de visualización sustentadas en la utilización sincrónica o asincrónica de recursos computacionales interactivos y se describirán algunos ejemplos de ellas, tales como el laboratorio virtual LABTIC4, desarrollado para el estudio de sistemas mecánicos vibratorios traslacionales de cuatro grados de libertad sin amortiguamiento y una herramienta interactiva denominada LAB2AM, que permite analizar y comparar diversos aspectos de relevancia, relacionados al movimiento oscilatorio de dos sistemas mecánicos vibratorios simultáneos de un grado de libertad con amortiguamiento.

Visualización en la asignatura Matemática Avanzada

Entre los objetivos de la asignatura, existen tres de ellos, específicos de aptitudes, que resultan centrales y que es apropiado mencionar debido a la relación que poseen con las estrategias de visualización matemática que se utilizan. Estos objetivos están asociados a que los estudiantes luego de finalizar el cursado de la asignatura, sean capaces de:

- . Reconocer las distintas etapas en el proceso de construcción de modelos de sistemas reales de interés ingenieril y los errores que en ellas se introducen.
- . Plantear y resolver modelos matemáticos de interés en ingeniería que involucran ecuaciones diferenciales.
- . Realizar experimentación numérica para analizar el comportamiento de sistemas dinámicos de interés.

La lectura de dichos objetivos pone de manifiesto la importancia que posee el proceso de modelado matemático dentro de los contenidos de Matemática Avanzada. La relación de este proceso de modelado con los conceptos de visualización matemática, está dada por el hecho de que precisamente es en una etapa dada del mismo, cuando la visualización buscada desarrolla todo su potencial didáctico y cobra su verdadera magnitud.

La Figura 3 permite observar esquemáticamente el proceso de modelación matemática y la etapa del mismo en la cual se torna de fundamental importancia la visualización. En dicha figura, es posible observar que la última etapa del proceso es la que se encuentra íntimamente asociada a los conceptos de visualización. Esto es así, debido a que precisamente es en esta parte del proceso en la que se realiza la resolución numérica y/o analítica de los modelos matemáticos hallados en las etapas previas (Edwards y Penney, 2009).

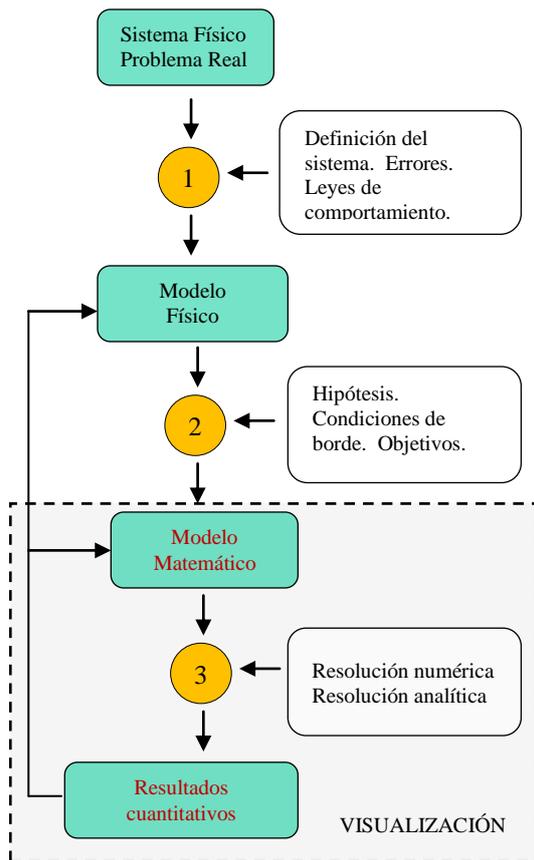


Figura 3. Proceso de modelación matemática y su relación con la visualización.

En esta etapa los estudiantes deben ser capaces además, de interpretar adecuadamente los resultados obtenidos y experimentar distintas opciones e hipótesis con el objetivo de potenciar la comprensión de las respuestas del sistema obtenidas y vincularlas adecuadamente al problema ingenieril real estudiado.

De esta manera, las herramientas de visualización sustentadas en recursos computacionales adecuados, brindan una importante multiplicidad de registros visuales, que permiten a los alumnos concretar los principios pedagógicos del aprendizaje como construcción y la autogestión del mismo.

Consideraciones de diseño de herramientas de visualización

Es importante destacar algunas consideraciones especiales sobre el proceso de diseño de las herramientas de

visualización computacionales que se desarrollan para su utilización en estrategias didácticas de una asignatura del área matemática. Este proceso debe considerar una serie de etapas, las cuales parten de una adecuada selección y jerarquización de los contenidos que requieren estrategias específicas de visualización.

Una vez seleccionados los contenidos es necesario realizar una mediación pedagógica de los mismos. Esta mediación está relacionada a los distintos aspectos que el equipo docente desea destacar de dichos contenidos, a los efectos de integrar los mismos al proceso educativo a partir de las herramientas de visualización diseñadas. Por último, luego de la mediación pedagógica debe abordarse la programación, implementación y validación del recurso que permitirá materializar con los alumnos los criterios de visualización planificados.

En este punto es importante mencionar algunas características básicas que es esperable que posea la herramienta computacional de visualización a diseñar:

- . Flexibilidad de interacción con el usuario. Interfase amigable y claramente definida en cuanto a su temática, posibilidades de interacción y los diversos registros que con la misma es posible obtener.
- . Debe proveer variadas formas de representación numérica del problema estudiado.
- . Debe proveer múltiples formas de representación visual de las variables de respuesta seleccionadas para el problema en estudio.
- . Es conveniente para una multiplicidad de problemas, que el alumno pueda observar en forma dinámica y en tiempo real, la evolución del sistema.

Un diseño como el descrito, tiende a asegurar una disminución en el nivel de dificultad manifestado por los estudiantes en muchos de los problemas

a los que se enfrentan. Algunas de estas dificultades que se presentan en toda su magnitud cuando no existen las herramientas de visualización adecuadas, son las siguientes:

- . Falta de experiencias previas por parte de los estudiantes en el análisis del problema físico y en la solución numérica del modelo matemático.

- . Problemas a la hora de establecer un criterio de razonabilidad de las variables de respuestas obtenidas para un determinado sistema en estudio.

- . Problemas desde el punto de vista de la correcta interpretación de los resultados obtenidos.

Estas dificultades se ven agravadas por el hecho de que los estudiantes se encuentran en un nivel de avance de sus respectivas carreras en el cual todavía no han desarrollado su criterio profesional en aspectos específicos e inherentes a su especialidad.

Herramientas interactivas de visualización en la asignatura Matemática Avanzada.

Se muestran a continuación algunas herramientas que han sido específicamente diseñadas para ser utilizadas como parte integrante de las estrategias didácticas de la asignatura Matemática Avanzada.

En primer lugar se muestra en la Figura 4, una aplicación denominada *LAB2AM*, utilizada para visualizar, experimentar y establecer procesos de comparación entre dos sistemas físicos vibratorios traslacionales de un grado de libertad con amortiguamiento. Es posible observar para el caso de los dos osciladores mencionados, los registros temporales de desplazamiento horizontal de sus masas y los registros temporales de velocidad que presentan cada una de ellas.

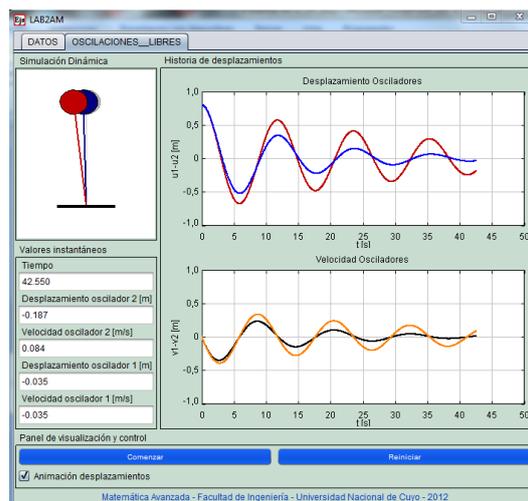


Figura 4. LAB2AM. Retrato de la evolución de dos sistemas de igual masa y rigidez con diferentes constantes de amortiguamiento para un tiempo $t=42.5s$.

La herramienta presentada en la figura anterior, permite además observar algunas de las consideraciones y características mencionadas en los apartados anteriores, tales como las múltiples posibilidades de visualización, tanto gráficas como numéricas de las variables que gobiernan el problema. Se observa además una simulación dinámica del movimiento de las dos masas que componen los sistemas físicos modelados. En este caso las condiciones iniciales tanto de desplazamiento como de velocidad, son idénticas y los dos sistemas difieren solamente en su constante de amortiguamiento.

La Figura 5 permite observar el mismo problema presentado anteriormente, para el caso en el que todos los parámetros de los sistemas involucrados, son idénticos y solamente cambia la velocidad inicial del movimiento.

Las dos figuras anteriores permiten remarcar las posibilidades ciertas de este tipo de herramientas a la hora de abordar procesos de comparación y experimentación por parte de los estudiantes, permitiéndoles incluso si es necesario, realizar un estudio paramétrico del problema con relativa facilidad.

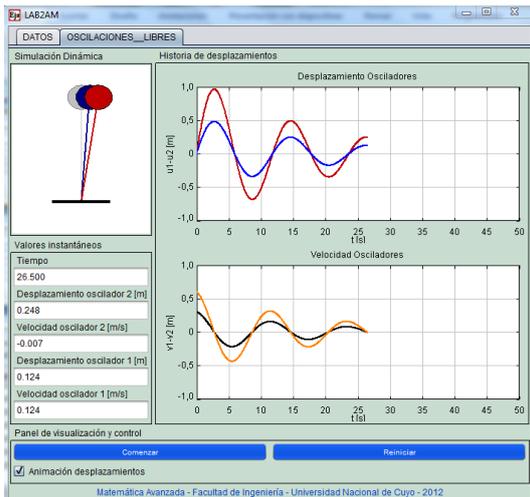


Figura 5. LAB2AM. Retrato de la evolución de dos sistemas de igual masa, rigidez y constante de amortiguamiento con distintos valores de velocidad inicial, para un tiempo $t=26.5s$.

Otro ejemplo claro de lo mencionado, es posible observarlo a partir de la Figura 6, en la que se muestra la pantalla de ingreso de datos de una nueva aplicación denominada *LABTIC4*, utilizada para visualizar, analizar, experimentar y comprender los aspectos inherentes a un sistema mecánico vibratorio traslacional de cuatro grados de libertad, en este caso particular sin amortiguamiento.

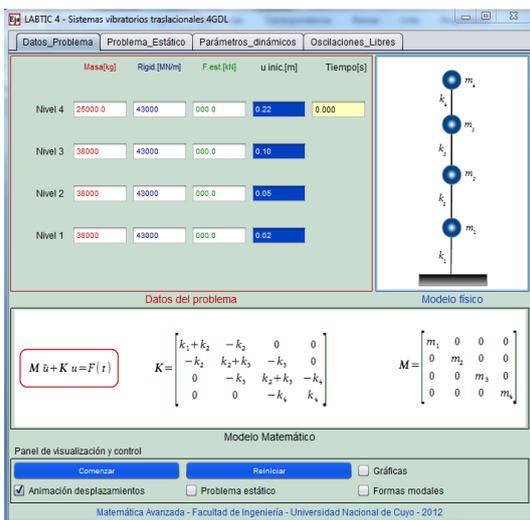


Figura 6. LABTIC4. Pantalla de ingreso de datos.

Los grados de libertad del problema están constituidos por los desplazamientos horizontales de cada una de las masas del sistema. Los datos a ingresar en cada análisis están dados por

las diversas masas y rigideces del modelo, correspondientes a cada uno de los niveles del mismo.

Es posible además determinar una serie de fuerzas externas estáticas que permiten estudiar el sistema bajo la acción de las mismas.

Para una determinada configuración de datos del problema a analizar, la herramienta de visualización permite estudiar los siguientes aspectos:

- Determinación de los parámetros dinámicos del problema: los mismos están dados por las frecuencias naturales de oscilación y las formas modales correspondientes a las mismas.

- Problema estático: permite encontrar y visualizar los desplazamientos de cada masa del sistema bajo la acción de un sistema de fuerzas estáticas aplicada en cada nivel del mismo.

- Problema de oscilaciones libres: en el mismo es posible estudiar la evolución del sistema cuando éste oscila libremente a partir de una determinada configuración de desplazamientos iniciales, impuestos como datos a ingresar del problema.

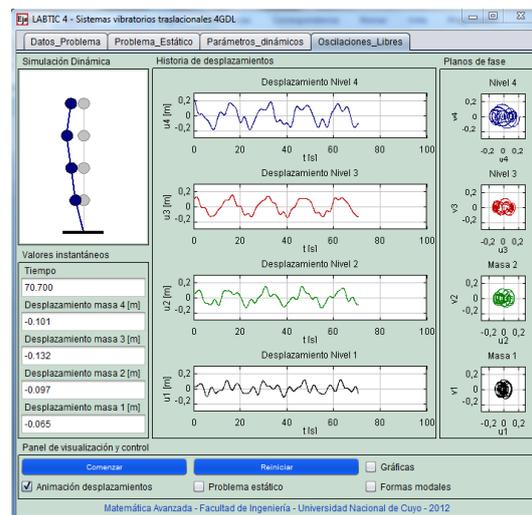


Figura 7. LABTIC4. Problema de oscilaciones libres. Retrato del sistema para un tiempo $t=70.70s$

La Figura 7 muestra la pantalla correspondiente al caso de oscilaciones libres mencionado anteriormente. En la misma es posible observar la evolución

del sistema en un instante determinado, para un problema definido con anterioridad en la pantalla de datos. Se aprecian claramente las diferentes posibilidades de visualización de las variables que gobiernan la evolución del sistema, que la herramienta entrega. Los gráficos ubicados en la zona central de la pantalla y a la derecha de la misma, permiten visualizar la representación de las historias de desplazamiento de las masas del problema y las correspondientes representaciones de desplazamientos y velocidades en los diagramas de fase. Sobre el lateral izquierdo la aplicación entrega información numérica correspondiente al tiempo transcurrido durante la evolución del sistema, como así también de los desplazamientos instantáneos correspondientes a dicho instante. El área inferior de la pantalla aloja el panel de visualización y control de la aplicación, a partir del cual se produce la interacción de la misma con el usuario. De esta manera es posible detener la evolución del sistema en cualquier instante, continuar con la misma a partir del momento de detención o reiniciar la aplicación cambiando los datos del problema en la pantalla correspondiente.

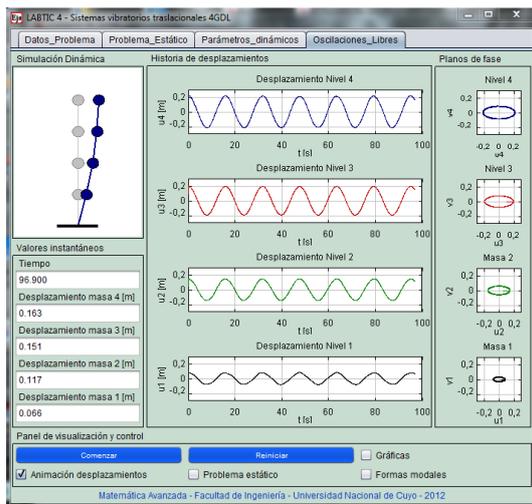


Figura 8. LABTIC4. Problema de oscilaciones libres. Retrato del sistema para un tiempo $t=96.9s$

La Figura 8, muestra el problema de oscilaciones libres correspondiente al

mismo sistema de la figura anterior, oscilando en este caso en su primer modo de vibración. La comparación entre las Figuras 7 y 8 permite apreciar las notables diferencias entre dos respuestas del mismo sistema para diferentes condiciones iniciales. Este tipo de comparación tiene un alto valor didáctico y posibilita a los estudiantes potenciar sus procesos comprensivos y reflexivos, a partir de la utilización adecuada de las herramientas disponibles.

Las herramientas de visualización presentadas en este trabajo, fueron desarrolladas específicamente para su utilización con los contenidos de la asignatura, a partir de la utilización de una herramienta de autor denominada Easy Java Simulations (*Programa Easy Java Simulations*).

Resultados obtenidos

La asignatura Matemática Avanzada, establece en su modelo pedagógico un proceso de evaluación formativa (Litwin, 1998), que incluye tres evaluaciones parciales a lo largo de su desarrollo y la elaboración de un trabajo integrador de conocimientos. Una variable considerada para el análisis de la eficiencia de las estrategias didácticas incluidas en el modelo, es el puntaje obtenido por los estudiantes en dichas evaluaciones parciales.

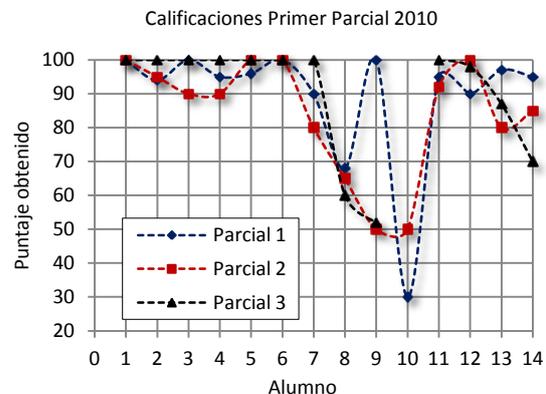


Figura 9. Puntaje obtenido por los estudiantes en las evaluaciones parciales de la asignatura durante el ciclo lectivo 2010.

La Figura 9 muestra un detalle de los resultados obtenidos por los estudiantes durante el desarrollo del ciclo lectivo 2010. De la misma manera, la Figura 10, muestra un detalle de las calificaciones obtenidas por los estudiantes del ciclo lectivo 2011.

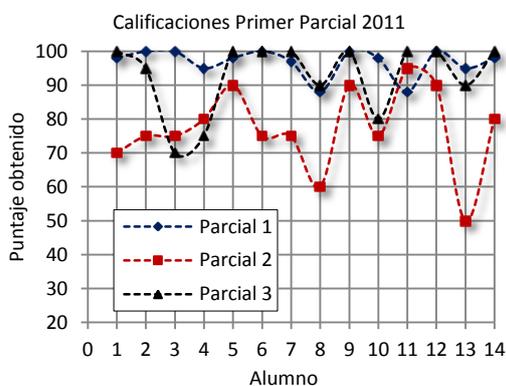


Figura 10. Puntaje obtenido por los estudiantes en las evaluaciones parciales de la asignatura durante el ciclo lectivo 2011.

Desde el punto de vista de los valores promedio correspondientes a dichas evaluaciones parciales, se muestra en la Figura 11, para el caso de las tres evaluaciones parciales mencionadas, los promedios obtenidos en ambos ciclos lectivos.

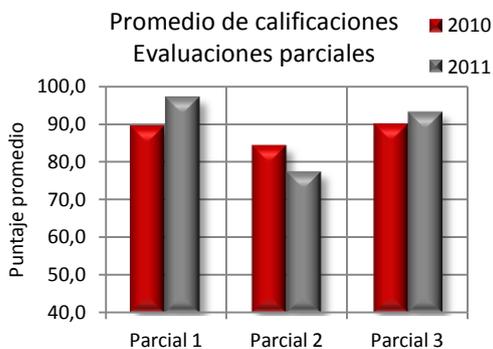


Figura 11. Puntaje promedio obtenido por los estudiantes en las evaluaciones parciales de la asignatura correspondientes a los ciclos lectivos 2010 y 2011.

Luego del cursado de la asignatura y de haber cumplimentado los requisitos necesarios a lo largo del cursado, los estudiantes acreditan la aprobación final de la misma mediante un examen final de características teórico-prácticas que constituye la instancia final integradora de todo el proceso de evaluación

formativa. De esta manera, otra variable de importancia a considerar en el presente informe de resultados, está relacionada a la calificación obtenida por los estudiantes en sus respectivos exámenes finales. A la fecha ha rendido su examen final aproximadamente el 65% de los estudiantes que iniciaron el cursado del ciclo lectivo 2010 y el 72% de los que iniciaron el cursado del ciclo lectivo 2011. Los promedios de calificaciones obtenidos en estos casos se muestran en la Figura 12.



Figura 12. Puntaje promedio obtenido por los estudiantes en las evaluaciones finales de la asignatura correspondientes a los ciclos lectivos 2010 y 2011.

En un trabajo anterior (Totter, et. al., 2011), se presentó la descripción de una intervención educativa en la asignatura Matemática Avanzada, que promueve el acercamiento de los estudiantes a la investigación científica a partir del desarrollo por parte de los estudiantes de Trabajos Integradores de Investigación. Dicha intervención utiliza en gran medida los conceptos de visualización vertidos en el presente trabajo, lo cual potencia los resultados presentados desde el punto de vista del rendimiento académico de los estudiantes.

Conclusiones

Se ha presentado una descripción del papel que cumplen los conceptos de visualización y los recursos tecnológicos a la hora de potenciar los procesos comprensivos y reflexivos de los estudiantes de la asignatura Matemática

Avanzada. Se destacó en esta descripción, la etapa del proceso de modelación matemática sobre la que las herramientas de visualización despliegan todo su potencial y se describieron aspectos fundamentales, tanto desde el punto de vista didáctico como técnico de algunas herramientas diseñadas para su utilización en la asignatura.

Es posible establecer algunas consideraciones finales a partir de lo mencionado en este trabajo, destacando aspectos que resultan fundamentales a la hora de relacionar los conceptos de visualización matemática con el incremento en la calidad del aprendizaje significativo de los estudiantes.

La metodología de evaluación utilizada en la asignatura, tal como se mencionó, es una evaluación formativa, con diversas etapas sucesivas formales constituidas por las tres evaluaciones parciales, el Trabajo Integrador de Investigación y una instancia final integradora. Este tipo de metodología de evaluación permite de acuerdo a su diseño, que los docentes recaben datos a partir de las respuestas de los estudiantes sobre el nivel de significación de los aprendizajes que han alcanzado los mismos. De esta manera se vincula dichos resultados con las estrategias de visualización presentadas.

A la luz de los alentadores resultados obtenidos desde el punto de vista del rendimiento académico, sumados a los prometedores resultados ya presentados relacionados a los Trabajos Integradores de Investigación, es posible concluir que las estrategias didácticas basadas en una utilización articulada y coherente de herramientas de visualización computacional interactivas, en asignaturas del área matemática, tienden a potenciar el aprendizaje significativo de los contenidos involucrados, especialmente aquellos que poseen un alto nivel de abstracción.

De esta manera, dichas herramientas se constituyen en elementos pedagógicos

de gran valor didáctico que acompañan la comprensión de aspectos analíticos y gráficos de un determinado problema, a la vez que permiten explorar y experimentar distintas alternativas de datos y sus correspondientes resultados, ofreciendo al estudiante un acercamiento a la formación de criterios de razonabilidad sobre las respuestas a obtener.

La incorporación de estrategias didácticas basadas en la utilización de herramientas de visualización computacionales interactivas a un modelo pedagógico afianzado, es necesario realizarla en forma paulatina y en etapas sucesivas que respondan a una adecuada planificación y posean la suficiente flexibilidad para realizar ajustes, en caso de ser necesario.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo por el apoyo brindado a partir de los Proyectos Bianuales de Investigación de los que el presente trabajo forma parte.

Referencias Bibliográficas

- Barberá, E.; "La Educación en la Red. Actividades virtuales de enseñanza y aprendizaje"; Ediciones Paidós Ibérica, España, 2004.
- Duval, R.; "Representation, visual and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking", proceedings Annual Meeting North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematical Education, México, 1999.
- Edwards C., Penney D.; "Ecuaciones Diferenciales y Problemas con Valores en la Frontera. Cómputo y Modelado". Pearson, Prentice Hall, 2009.

- Gilbert, et. al.; "Models and Modeling in Science Education. Visualization in science education". Springer, Netherland, 2005.
- Hitt, F.; "Visualización matemática, nuevas representaciones, nuevas tecnologías y currículo". Revista de Educación Matemática, Vol.10, 1998.
- Litwin, E.; En: Canilloni, A. y otros, "La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo", Buenos Aires, Paidós, 1998.
- Plan de Estudios Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, Facultad e Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, 2009. <http://fing.uncu.edu.ar>
- Programa de Matemática Avanzada, Ingeniería en Mecatrónica. Facultad de Ingeniería, UNCuyo, Mendoza, 2011.
- Programa Easy Java Simulations. Sitio web oficial, <http://fem.um.es/EJS>
- 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, 2009. <http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/>
- Totter, E., Raichman, S., Mirasso, A.; "Desarrollo de simulaciones computacionales como estrategia de acercamiento a la investigación. Una experiencia en la asignatura Matemática Avanzada de la Carrera Ingeniería en Mecatrónica". VI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Salta, Junio de 2011.
- Zimmerman, W., Cunningham,S.; "Editor's introduction: what is mathematical visualization?". Visualization in Teaching and Mathematics (Zimmerman W. & Cunningham S. Editors), N° 19, 1991.