



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

EVALUACIÓN EDUCATIVA A TRAVÉS DE UN PROBLEMA ABIERTO, DE APLICACIÓN DEL CÁLCULO

Lorena Vanesa Atencio, Nancy Felisa Bertani, Roberto Daniel Vilches

**Universidad Tecnológica Nacional
San Rafael, Argentina**

Resumen

Lograr ingenieros con alta capacidad de autodesarrollo, requiere poner énfasis en una fuerte formación básica, fundada en el dominio de las capacidades intelectuales, metodológicas, procedimentales y actitudinales del estudiante, por lo que las actividades curriculares deben incluir estrategias didácticas innovadoras que promuevan tales capacidades, adaptándose a los contenidos específicos. Como uno de los proyectos de cátedra de la Asignatura Análisis Matemático II, se pensó monitorear el nivel de respuesta de los alumnos a una Propuesta Didáctica Optativa de Investigación, que a la vez sirviera de evaluación, en forma alternativa a la tradicional, sobre el tema Ecuaciones Diferenciales de Primer Orden. Se propuso a alumnos de 2° Nivel de Ingeniería Industrial, Civil y Electromecánica la aplicación de un Modelo Diferencial Logístico a un estudio demográfico, que permitiera determinar coeficientes de competencia y poblaciones límites para países o regiones. La actividad fue enmarcada dentro de los problemas abiertos de Ingeniería, como una aplicación del Cálculo a las Ciencias Sociales, con el uso de las NTICs para búsqueda de información, y del software Mathematica para el cálculo simbólico, numérico, gráfico y la simulación. Se analizaron datos tales como: nivel de adhesión de los alumnos en general y por especialidad, rendimiento académico, y constitución de equipos. En cuanto a los trabajos presentados, se evaluó su complejidad, búsqueda, tratamiento y análisis de datos, habilidad demostrada en el uso del software, coherencia en los resultados y conclusiones, y presentación del informe final en tiempo y forma.

La experiencia se pensó como una herramienta para la aplicabilidad de contenidos e integración de conocimientos, que a la vez promoviera el desarrollo de capacidades de investigación, síntesis, selección, procesamiento, resolución, análisis y comparación de resultados y permitiera establecer relaciones e interrogantes que conlleven a nuevos aprendizajes.

Palabras clave: evaluación educativa; problema abierto; uso de software; simulación

Abstract

Achieving engineers with high capacity for self-development requires a strong emphasis on basic training, based on the domain of the intellectual, methodological and procedural capacities of the student. For this reason, the curricular activities should include innovative teaching strategies that promote such skills, adapted to the specific content. As one of the academic projects of Mathematical Analysis II Course, it was proposed to monitor the student response level to an Elective Teaching Research Proposal. This activity would also serve as evaluation, alternative to the traditional one, on the subject First Order Differential Equations. The implementation of a Differential Model Logistics applied to a demographic study, allowing the determination of competition coefficients and population limits for countries or regions, was proposed to 84 students from 2nd level of Industrial, Civil and Electromechanical Engineering. The activity was framed in engineering open issues, as an application of calculus to the Social Sciences, with the use of NTICs for information research and Mathematica software for symbolic and numerical calculus, graphing and simulation. Data such as general adhesion level of the students and adhesion in each engineer specialty, academic performance, and team building were analyzed. The student's reports were evaluated according to their complexity, research, processing and analysis of data, demonstrated proficiency in the use of software, consistency in the results and conclusions, and appropriate presentation of final report. The experience was meant as a tool for content applicability and integration of knowledge, promoting at the same time the development of research capabilities, synthesis, selection, processing, resolution, analysis and comparison of results, allowing associations and questions that lead to new learning.

Keywords: *educational evaluation; open problems; use of software; simulation*

1. Introducción

El perfil del “Ingeniero Tecnológico”, orienta a la formación de futuros profesionales comprometidos con el medio, con capacidades para desarrollar sistemas de ingeniería haciendo uso de su creatividad y de las nuevas tecnologías, y con capacidades de innovación al servicio del crecimiento productivo, que les permitan ser promotores de cambio, generando empleos y posibilitando el desarrollo social. (UTN, 2011)

Se establece como criterio básico, una formación integral del profesional que, incluya un balance equilibrado entre conocimientos científicos, tecnológicos y una formación básica humanística; promueva el desarrollo de capacidades de manejo de situaciones bajo incertidumbre, consolidando actitudes para la solución de problemas no tradicionales (CONFEDI, 2010); estimule la creatividad, la iniciativa personal, el trabajo interdisciplinario y la innovación en el área tecnológica; y que potencie la capacidad de abstracción, de reflexión crítica y de respuesta a problemas nuevos, inesperados y no triviales. (CONFEDI, 1996)

Atendiendo a estos aspectos, los componentes de los planes de estudios deben ser adecuadamente integrados, para conducir al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas, y convenientemente tratados, a fin de estimular el desarrollo de actividades de formación práctica, sin descuidar la profundidad y rigurosidad de la fundamentación teórica. (CONEAU, 1998)

En definitiva, se propende a que el futuro profesional, en su paso por la Universidad, adquiera una alta capacidad de autodesarrollo, basada en una fuerte formación básica y tecnológica, desde los primeros niveles de la carrera, a través de actividades con enfoque problematizador, contribuyan a la construcción y apropiación de conocimientos, en forma integrada.

Ello, fundamenta la necesidad de que las actividades curriculares incluyan estrategias didácticas que, adecuándose a los contenidos específicos de cada asignatura, promuevan el desarrollo de capacidades intelectuales, metodológicas, procedimentales y actitudinales en los estudiantes, asociadas al desafío de enfrentar y resolver problemas que estimulen la búsqueda de información, la aplicación sucesiva del conocimiento adquirido y la propuesta de planteos creativos para su resolución.

Tales actividades deben estar presentes a partir de los primeros años de ingeniería tanto, desde la planificación de las cátedras, en su carga horaria y contenidos académicos hasta en el desarrollo de los mismos y las metodologías para su evaluación.

Atendiendo a lo expuesto, el presente trabajo describe una propuesta didáctica investigación, a la vez que de evaluación alternativa a la tradicional, sobre el tema Ecuaciones Diferenciales de Primer Orden, en la Asignatura Análisis Matemático II; y el relevamiento del nivel de respuesta de los alumnos a la misma.

Se parte de la descripción de la experiencia y sus objetivos específicos. Se presentan como características de la propuesta didáctica, su fundamentación matemática, sus objetivos académicos, las actividades a desarrollar por los alumnos y los requisitos de presentación del trabajo para su aprobación. Para finalizar se presentan los resultados obtenidos respecto de la actividad desarrollada y las conclusiones correspondientes.

1.1. Método

El diseño de la investigación es de enfoque mixto y su alcance exploratorio.

La población de análisis estuvo constituida por 84 alumnos de 2° Nivel de Ingeniería Industrial, Civil y Electromecánica, del año 2012.

Se consideraron dos dimensiones de análisis: alumnos y trabajos presentados. En la primera se tomaron como variables: el nivel de adhesión de los alumnos a la propuesta en general y por especialidad, su rendimiento académico y la constitución de equipos. En cuanto a la dimensión trabajos presentados, se tomaron como variables fueron: la complejidad del trabajo abordado, búsqueda y tratamiento de los datos, habilidad demostrada en el uso del software, coherencia en los resultados y conclusiones, presentación del informe final en tiempo y forma.

La invitación a los alumnos a participar de la propuesta se realizó a principios del mes de noviembre, en forma oral, y se expuso la misma, en detalle, en el aula virtual de la asignatura en el Campus Virtual, especificando objetivos y metodología en general.

Se motivó la participación expresando que la propuesta constituye un ejemplo de situación problemática abierta en Ingeniería que permite obtener nuevos datos para hacer prospección y comparación, útiles para planeamiento estratégico. Además, por propiciar un aprendizaje significativo, aplicado y transdisciplinar del Cálculo, aprovechando las potencialidades que brindan las nuevas tecnologías de la información y comunicación, la evaluación del trabajo producido posibilita la acreditación del tema tratado.

2. Descripción de la Experiencia

Una vez realizada la conceptualización teórico práctica del tema para su evaluación y acreditación se propuso el tratamiento (optativo) de un problema relacionado con las ciencias sociales, como es el estudio demográfico de países o regiones, enmarcado en Modelos y Simulaciones.

2.1. Objetivos

Evaluar el nivel de adhesión a la propuesta de los alumnos en general y por especialidad;
 Relacionar alumnos participantes y su rendimiento académico;
 Identificar la predisposición al trabajo en equipo;
 Monitorear el desarrollo de ciertas competencias, evidenciadas por las capacidades para: la búsqueda, identificación, tratamiento y el análisis de datos;
 Evaluar la habilidad demostrada en el uso del software;
 Evaluar la coherencia en los resultados y conclusiones;
 Evaluar la presentación del informe final en tiempo y forma.

2.2. Características de la Propuesta Didáctica

2.2.1 Fundamentación

Recuperando el concepto de derivada y su interpretación como tasa de variación instantánea sobre el conjunto \mathbb{R} , se propone trabajar con datos históricos de la población de Argentina primero en forma discreta, para luego obtener un modelo diferencial representativo, en variable continua. El tratamiento incluye:

- A) Determinación y graficación de las tasas medias de variación.
- B) Obtención de polinomios aproximantes para trabajar los datos en variable continua.
- C) Utilización del modelo diferencial logístico (cfr. Zill, 2004), y simulación para la selección de tres pares ordenados de los datos, de forma de obtener una función de población aceptable por: su imagen, semejante a la obtenida por el polinomio aproximante, y su evolución en el tiempo, en el contexto de disminución de la tasa de natalidad que en realidad se verifica; permitiendo encontrar una posible población límite o de soporte.

Para ello, a partir del modelo de Malthus para el crecimiento de poblaciones y mediante reformulaciones (O'Neill, 2008), se elabora el modelo diferencial logístico expresado en la forma:

$$\frac{dP}{dt} = a \cdot P - b \cdot P^2 \quad (1)$$

Es decir, se modela la tasa de variación instantánea de la población (2), como la suma algebraica de tres términos, que evidencian la influencia de la tasa de natalidad (k), de la tasa de mortalidad (k_1), y el coeficiente de competencia (k_2). La determinación de este último permitirá realizar posteriores comparaciones.

$$\frac{dP}{dt} = k \cdot P - k_1 \cdot P - k_2 \frac{P \cdot (P-1)}{2} \quad (2)$$

Resultando $a = k - k_1 + \frac{1}{2}k_2$ y $b = \frac{1}{2}k_2$

La solución general (3) del modelo diferencial (1), contiene tres parámetros, la constante C debida a la etapa de integración y los parámetros a y b .

$$P(t) = \frac{a \cdot e^{a \cdot t}}{b \cdot e^{a \cdot t} + e^{a \cdot C}} \quad (3)$$

Los problemas propuestos en la bibliografía se enuncian estableciendo una relación de proporcionalidad entre los coeficientes a y b , de forma tal que puedan ser resueltos sin la necesidad de recurrir a métodos numéricos o herramientas computacionales. La riqueza del problema planteado radica en que, con la ayuda de un soft apropiado, se obtienen los valores de ambos parámetros, sin hacer suposición previa.

A partir de una lista de datos censales, pares ordenados (año, población), de determinado país o región se elige una terna que permite encontrar una solución particular; a partir de la cual se obtiene la población límite o de soporte $P=a/b$ y el coeficiente de competencia ($k_2 = 2b$).

Se inicia una etapa de simulación eligiendo distintas ternas de pares ordenados, a fin de hallar una solución particular que represente la tabla de datos censales y manifieste una población de soporte razonable, en relación a los datos históricos y geográficos del caso.

La solución al problema, al igual que la elección de los países o regiones se dejan libradas a juicio y criterio del alumno, lo que permite enmarcar la actividad como problema abierto de aplicación del Cálculo a las Ciencias Sociales, utilizando las NTICs para búsqueda de información, y el software Mathematica para el cálculo simbólico, numérico, gráfico y la simulación.

La riqueza de esta aplicación radica en que cambiando los datos para otros países o regiones, rápidamente se trabaja el tema, permitiendo obtener poblaciones límite y haciendo posible comparar coeficientes de competencia entre distintos países o regiones.

El modelo logístico tiene múltiples aplicaciones en Biología, Economía o en Ciencias Sociales, entre otras Ciencias, pudiéndose replicar el desarrollo trabajado.

2.2.2 Objetivos académicos

Aplicar conceptos del Cálculo a casos de interés, incorporando significado al tratamiento matemático de conceptos, modelos y métodos.

Construir a partir de un caso un tratamiento matemático que pueda ser replicado en otros que admitan el mismo modelo matemático.

Aprovechar la capacidad de tratamiento simbólico, numérico y gráfico del software Mathematica para resolver, poniendo énfasis en lo conceptual.

Aplicar y articular distintos lenguajes: coloquial, simbólico, tablas y gráficos.

Asimilar el proceso de evaluación al trabajo y producción realizado.

2.2.3 Actividades a desarrollar

A partir de la elección de al menos cuatro países o regiones de interés realizar, para cada uno de ellos:

La búsqueda de datos censales de población;

Obtención y gráficas de tasas de variación medias;

Selección y simulación de ternas de datos, con el fin de obtener una curva logística que dé valores de población aproximados a los datos de los censos de población de cada país o región seleccionada;

Comparación de los coeficientes de competencia.

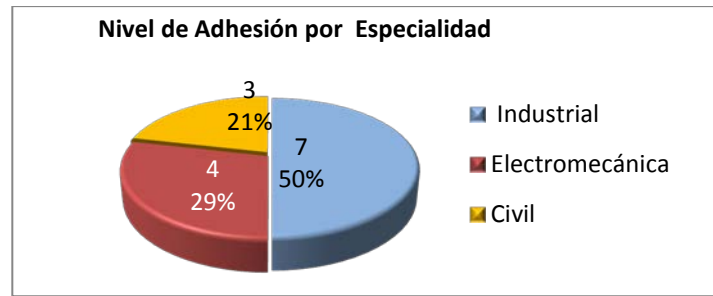
Listado de poblaciones de soporte para cada caso.

2.2.4 Requisitos para la presentación

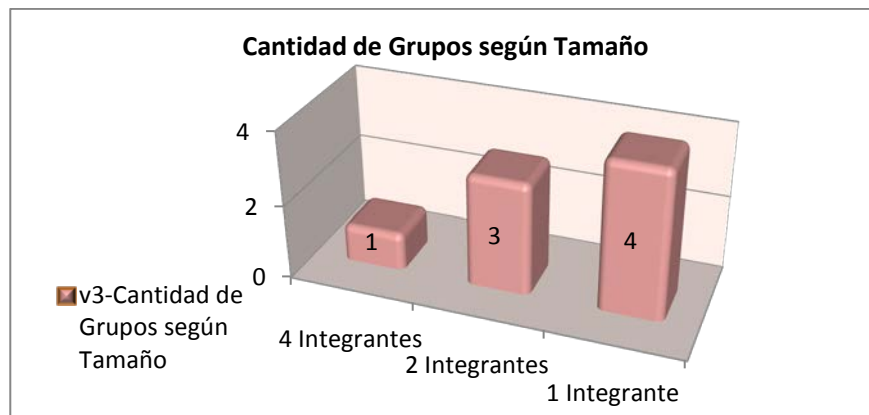
Los trabajos deberán realizarse en el software Mathematica utilizado como soporte en la asignatura y se presentarán en formato digital e impreso, respetando la plantilla de los Talleres aportados por la Cátedra. La primera página será una portada que explicita título del trabajo, datos de los alumnos y su especialidad. En la parte final se dejará constancia de la bibliografía consultada y de las fuentes de información. Se establece como plazo de entrega un mes, fecha a partir de la cual, serán presentados en forma oral.

3. Resultados

Participó un 17% del total de alumnos promocionaron la asignatura en 2012, en tanto el nivel de adhesión por especialidad se muestra en el siguiente gráfico:



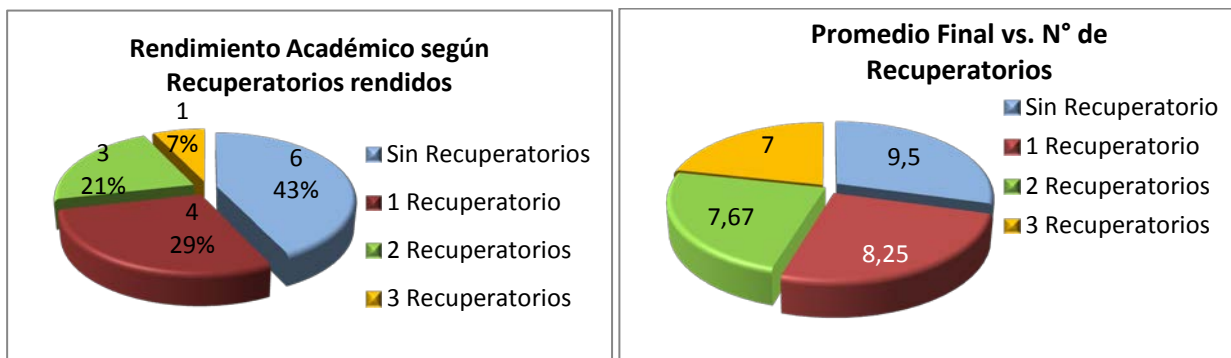
El 71 % trabajó en equipo y el resto en forma individual.



El rendimiento académico de los alumnos participantes se midió en función de las instancias de recuperación de evaluaciones ocupadas en la asignatura.

Asimismo, dichos datos se contrastaron con el promedio final de notas que los alumnos obtuvieron durante el año.

Los resultados obtenidos se muestran en los siguientes gráficos:



La complejidad del Trabajo abordado se determinó en función de la relación dada entre el número de casos estudiados (países o regiones) y cantidad de integrantes por grupo; considerando que cada caso en particular requiere de instancias de búsqueda, simulación y análisis de datos.

En la siguiente tabla, se detallan los resultados obtenidos.

Complejidad del Trabajo Abordado			
GRUPO, N° INTEG, IDENTIFICADOR	N° DE CASOS	N°CASOS/N° ALUMNOS	VALORACIÓN*
G4	10	2,5	MB
G21	4	2	MB
G22	5	2,5	MB
G3	4	1,33	B
I1	4	4	E
I2	2	2	B
I3	3	3	E
I4	4	4	E

* Criterio adoptado:

tasa	Valoración
[1,2]	Bueno
[2,3]	Muy Bueno
[3,4]	Excelente



Los alumnos evidenciaron destacada habilidad en el uso del software, manifestadas a través del nivel de trabajo simbólico y el uso apropiado de la nomenclatura.

Respecto de la coherencia entre resultados y conclusiones, para los casos estudiados, se verificó que los alumnos con mejor rendimiento académico evidenciaron mayor desarrollo en las capacidades de análisis creativo, crítico y reflexión independiente

El 90% de los alumnos respetó los requisitos de presentación, aunque sólo el 43% lo hizo en el tiempo previsto.

El nivel de adhesión de los alumnos se considera bajo. Algunos alumnos manifestaron escasez de tiempo disponible por haber sido planteado en el último mes de cursado, mientras, otros manifestaron simplemente, que requeriría menor tiempo preparar una evaluación corriente, que efectivizar la propuesta. Cabe destacar que fue significativo el trabajo individual por parte de quienes no pudieron conformar grupos por las razones antes expuestas.

4. Conclusiones

La experiencia didáctica aplica conceptos teóricos y utiliza el recurso informático, posibilita el tratamiento replicable con sólo cambiar datos y seguir la secuencia de comandos. Los nuevos datos obtenidos permiten realizar una investigación comparativa respecto del crecimiento de la población en el conjunto de países o regiones abordadas y de los coeficientes de competencia en cada uno de ellos, los que actualmente no están tabulados.

Adicionalmente, la propuesta didáctica como forma de innovación en las estrategias áulicas y, de evaluación continua, integrada al proceso de enseñanza aprendizaje y desarrollo, propició la adquisición y aplicación de conocimientos teóricos y prácticos, el desarrollo de capacidades para la comunicación, el análisis creativo y crítico, la reflexión independiente, el trabajo en equipo y la integración de contenidos; superando el mero dominio cognitivo de las disciplinas con el apoyo de tecnología de vanguardia.

Sirvió a la cátedra como elemento para su retroalimentación y mejora continua y a los alumnos participantes, como instrumento para su autoevaluación, desarrollo de las capacidades mencionadas y evidenciar su responsabilidad por los propios aprendizajes.

Si bien el rendimiento académico evidenció heterogeneidad, la evaluación de los trabajos presentados reveló, en todos los casos, el logro de los objetivos propuestos en forma satisfactoria, evidenciando la importancia de la motivación y la flexibilidad en la práctica educativa y de las metodologías alternativas de evaluación.

Finalmente es de esperar que, construir aprendizajes significativos, estimule el interés de los alumnos por el estudio de las ciencias básicas en la Ingeniería.

5. Referencias Bibliográficas

- CONFEDI-Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. (1996, noviembre). Unificación curricular de la enseñanza en las ingenierías en la República Argentina. Consultado 10/05/13, en: <http://www.confedi.org.ar/documentos/libro-azul-unificaci%C3%B3n-curricular-en-la-ense%C3%B1anza-de-la-ingenier%C3%ADa-argentina>.
- CONFEDI-Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. (2010, agosto). La Formación del ingeniero para el desarrollo sostenible. Consultado 06/05/13, en: <http://www.confedi.org.ar/documentos/la-formaci%C3%B3n-del-ingeniero-para-el-desarrollo-sostenible>.
- CONEAU-Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (1998, noviembre). Cuadernos de criterios y metodologías en evaluación y acreditación. Consultado 06/05/13, en: <http://www.coneau.edu.ar/coneauhtml/documentoscudernos.html>.
- O'Neill, P. (2008). Matemáticas Avanzadas para Ingeniería. Thomson Paraninfo. México.
- UTN- Universidad Tecnológica Nacional. (2011, septiembre). Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional. Consultado el 06/05/13, en: <http://www.csu.rec.utn.edu.ar/AU/RES/EstatutoOriginal.pdf>
- Zill, D. (2004). Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones de Modelado. Internacional Thomson Editores, México, pp. 86-90

Sobre los autores

- **Lorena Vanesa Atencio:** Ingeniero Civil, Máster en Desarrollo Local, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional San Rafael. Profesor Adjunto. latencio@frsr.utn.edu.ar
- **Nancy Felisa Bertani:** Ingeniero en Industrias de la Alimentación. Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional San Rafael Profesor titular. nbertani@frsr.utn.edu.ar
- **Roberto Daniel Vilches:** Ingeniero en Construcciones. Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional San Rafael. Profesor titular. rvilches@frsr.utn.edu.ar

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)