

# PROGRAMA GENERADOR DE PROBLEMAS ALEATORIOS

Eduardo W. V. Chaves<sup>+</sup> & Roberto Mínguez<sup>\*</sup>

E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (web: <http://www.uclm.es/cr/caminos/>)  
Universidad de Castilla-La Mancha (web: <http://www.uclm.es/>)

Av. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real, Spain

<sup>+</sup>Departamento de Mecánica Aplicada e Ingeniería de Proyectos e-mail: Eduardo.Vieira@uclm.es

<sup>\*</sup>Departamento de Matemáticas, e-mail: Roberto.Minguez@uclm.es

**Palabras Clave:** soporte a la docencia, evaluación continua, auto-aprendizaje, e-learning.

**Resumen.** *Este artículo presenta y describe el programa informático **GENPRO\_A** de apoyo a la docencia que permite la generación automática de problemas de forma personalizada y aleatoria. Esta metodología ha sido desarrollada e implementada con éxito en la asignatura de Ampliación de Mecánica y Teoría de Estructuras (área de ciencias exactas) con el objetivo de mejorar el trabajo individual de cada alumno. Así, los alumnos disponen de su propio ejercicio, distinto del de los demás, para poder trabajar individualmente en su resolución. Además, el programa permite obtener la solución de cada ejercicio de forma automática permitiendo que el alumno tenga la posibilidad de autoevaluarse y ver donde ha fallado, y que el profesor tenga una herramienta para evaluar. Con esta metodología se ha detectado una mejora significativa en el proceso de aprendizaje de los alumnos.*

## 1 INTRODUCCIÓN

El Espacio Europeo de Educación va tomando forma y se consolida con las declaraciones de Sorbona y Bolonia, en las que los ministros europeos de educación instan a los estados miembros de la Unión a desarrollar e implementar en sus países actuaciones conducentes a homogeneizar la educación superior en Europa fomentando la movilidad y la igualdad de oportunidades para todos los miembros de la Unión.

España [1] como miembro de la Unión Europea participa de todas las reflexiones a las que ha dado lugar esta iniciativa y asume, mediante la Ley Orgánica de Universidades, el compromiso de hacer las reformas necesarias en su sistema de educación superior para alcanzar los niveles de calidad y competitividad que la sociedad le demanda.

Como un primer paso para contribuir de manera significativa a impulsar la construcción del *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES) y de Investigación (EEI), se ha procedido a la creación de un sistema europeo de transferencia y acumulación de créditos como una forma sistemática de describir un programa de educación asignando créditos a cada uno de sus componentes. Éste se basa en la carga de trabajo del estudiante necesaria para la consecución de los objetivos del programa, objetivos que preferiblemente se especifican en términos de resultados del aprendizaje y de las competencias que se han de adquirir.

Por tanto, el primer paso para tratar de implantar el nuevo sistema educativo es la asignación de créditos ECTS a las asignaturas y módulos de enseñanza en las instituciones de educación superior. Esta tarea es dificultosa y los profesores se lamentan de que, aunque existen documentos que definen los créditos ECTS [2], no disponen de una guía rigurosa sobre la asignación de créditos en la práctica. Actualmente existen guías y experiencias de programas piloto que sirven de base para la asignación de créditos, e independientemente del éxito o fracaso de esas iniciativas, ha surgido un debate en el entorno universitario sobre las consecuencias generadas por este nuevo sistema. Afrontar la asignación de créditos ha representado un modo de reflexionar desde un punto de vista novedoso sobre qué es la enseñanza universitaria y cómo impartirla de la forma mejor y más realista. Esto ha llevado a muchos a encarar el hecho de que el esfuerzo del estudiante es más importante que el esfuerzo del profesor, ya que el fin último de la educación universitaria es desarrollar el autoaprendizaje y el pensamiento independiente del estudiante. Llegándose incluso a concluir que los ECTS son un atentado contra las libertades inviolables de los profesores.

Dentro de todo este mar de dudas y críticas sobre el nuevo sistema, una cosa parece clara, la nueva coyuntura educativa exige un cambio en la forma de trabajar tanto de alumnos como de profesores, fomentando el diálogo profesor-alumno y un trato más personalizado que requerirá, por parte de los profesores, una mayor dedicación. Ante esta situación, y con el objetivo de facilitar el proceso de aprendizaje de los alumnos y la labor del profesor el presente artículo presenta una herramienta de soporte a la docencia. Esta herramienta, aún en fase de desarrollo, tiene las siguientes ventajas:

- Permite al profesor la evaluación continua de los alumnos con una rápida corrección;
- Obliga a los alumnos a la realización de ejercicios distintos al de sus compañeros para tratar de asimilar y asentar los conocimientos teóricos adquiridos de forma que el trabajo sea realmente personal;

- Debido al procedimiento de generación de la base de datos, el profesor puede estimar el tiempo de dedicación que pueda tardar un “alumno tipo” en resolver cada uno de los ejercicios, con lo cual se facilita el proceso de asignación de créditos con una medida realista de la carga de trabajo;
- Las bases de datos podrían publicarse e incluso se podrían generar bases de datos a nivel europeo que facilitarían el proceso de homogeneización de estudios en Europa.

La metodología presentada en este artículo ha sido implementada en las asignaturas de Ampliación de Mecánica y Teoría de Estructuras de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos (Universidad Castilla-La Mancha). Sin perjuicio de que puede ser aplicada en cualquier otra disciplina dentro del área de las Ciencias Exactas.

## 2 MOTIVACIÓN

Como se ha dicho en la introducción los nuevos retos de la enseñanza superior plantean la necesidad de un mayor control y dedicación a las labores docentes. Otro problema que se plantea es la dificultad que existe en la actualidad de dar al alumno la oportunidad de aprobar una asignatura de forma gradual y sin necesidad de jugárselo todo a una carta el día del examen, que es uno de los objetivos del nuevo sistema ECTS. Este planteamiento requiere un control de la tarea que realiza cada alumno y es extremadamente dificultoso de llevar a cabo, debido a que el número de alumnos suele ser muy elevado, siendo prácticamente imposible hacer un seguimiento de la evolución de todos los alumnos con los medios humanos de que se disponen en la actualidad. Además, debido al falso cooperativismo y compañerismo que existe entre el alumnado en España, las tareas planteadas por los profesores y que debieran de ser realizadas individualmente por cada uno de los estudiantes son realizadas por unos pocos, que son los que realmente sacan provecho del sistema de evaluación continua, y los demás se aprovechan del trabajo de sus compañeros, con lo que al profesor le es en muchos casos imposible discernir de entre quienes han trabajado y quienes no.

Los avances en las tecnologías de la información y la comunicación juegan un papel fundamental en el desarrollo del sistema educativo universitario [3-5]: sistemas tutorizados inteligentes, plataformas multimedia educativas y entornos educativos virtuales, que han desembocado en el surgimiento del concepto e-learning o educación virtual. Dentro de la línea de utilización de medios informáticos para facilitar las tareas docentes, en este artículo se presenta una posible solución o ayuda para que la evaluación continua sea posible. Esta herramienta que permite la realización de problemas personalizados, es decir, distintos los unos de los otros que el profesor puede entregar a sus alumnos con la periodicidad que el

estime conveniente, con la ventaja de que el programa **GENPRO\_A** además de ofrecerle un problema único para cada alumno le da la solución de cada uno de ellos, facilitando enormemente la labor de corrección. Esta solución puede entregársele al alumno a posteriori para comparar con su solución y que pueda autoevaluarse.

La ventaja de este método no sólo estriba en que simplifica la tarea del profesor, sino que además, obliga al alumno a hacer un seguimiento continuo de la asignatura siendo posible detectar a tiempo posibles deficiencias y observando en todo momento como evolucionan los alumnos a lo largo del curso.

### **3 DESCRIPCIÓN DEL GENERADOR DE PROBLEMAS ALEATORIOS (GENPRO\_A)**

#### **3.1 Programa Informático**

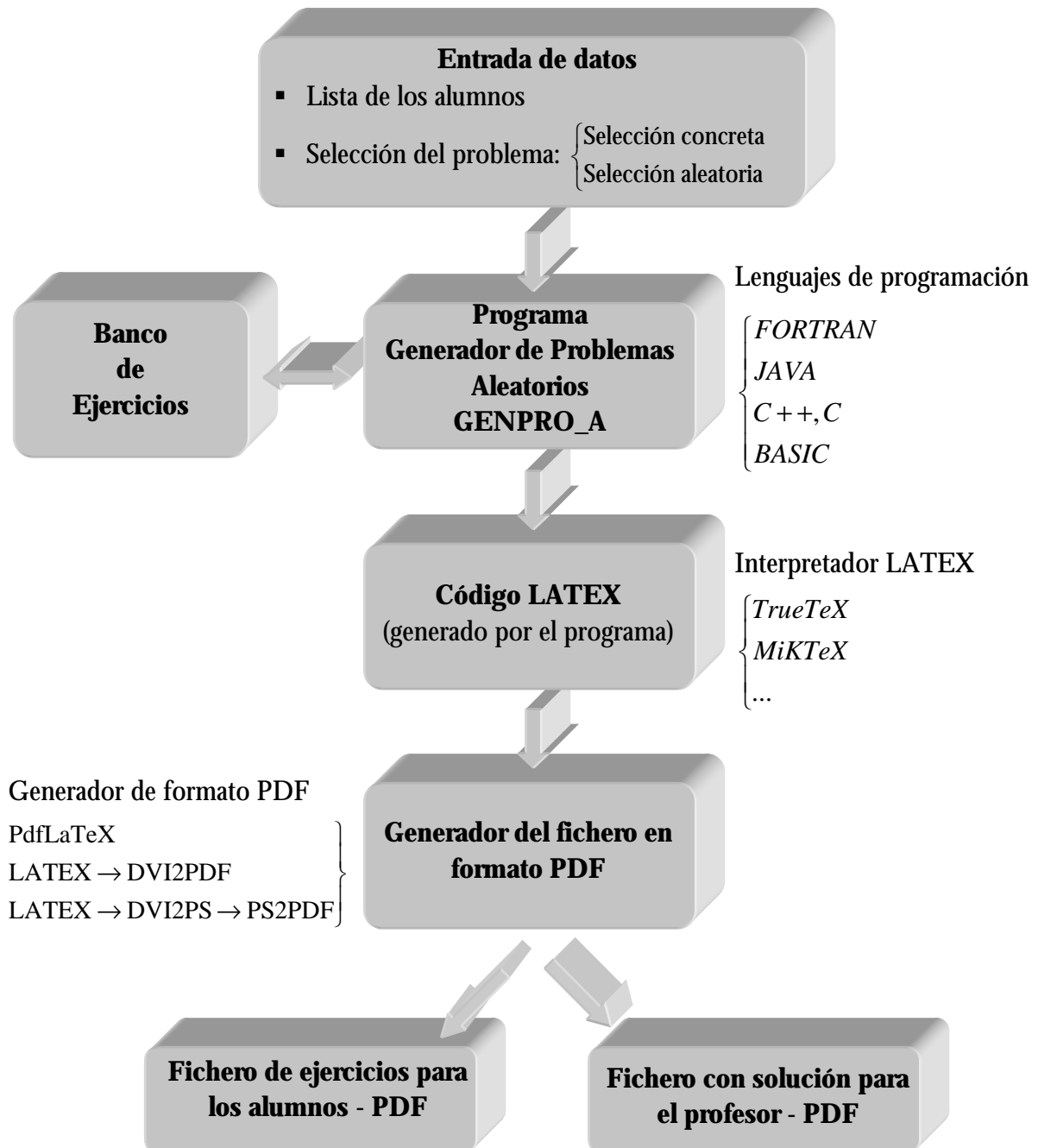
El programa generador de problemas aleatorios necesita de una colección de problemas (*Banco de Ejercicios*) clasificados por temas y por grado de dificultad. La base de datos no está integrada en el programa para permitir que éste tenga acceso a distintas bases de datos de forma que el programa pueda utilizarse para distintas asignaturas y facilitar su distribución. Este programa ha sido desarrollado en lenguaje de programación FORTRAN, aunque los autores tienen intención de hacerlo también en lenguaje JAVA para facilitar su inclusión en la WEB en un futuro próximo. Una vez que el profesor haya introducido la lista de alumnos el profesor tiene dos opciones:

- 1) Seleccionar personalmente los ejercicios que quiere generar, de esta forma todos los estudiantes dispondrán del mismo ejercicio con distintos valores de los parámetros o variables.
- 2) Seleccionar el tema, número de ejercicios y dificultad de forma que el programa seleccione automática y aleatoriamente los mismos.

Una vez decidida la opción, el programa generará dos ficheros en código LATEX (editor y formateador o compositor de textos, para más información véase [6]). Uno de los ficheros contiene el enunciado del problema personalizado para cada alumno, mientras que el segundo contiene la solución detallada de cada uno de los ejercicios de tal manera que el esfuerzo del profesor a la hora de la corrección sea el mínimo posible.

Cuando se han generado los ficheros LATEX éstos se ejecutan usando un interpretador de LATEX (*MikTeX* [7], *TrueTeX*) con lo cual se genera un fichero DVI en el que se puede

apreciar la composición final del ejercicio y de su solución tal y como quedaría impreso, o en su defecto un fichero PDF. En la **Figura 1** se puede ver un diagrama en el que se recogen todos los pasos que sigue el programa.



**Figura 1:** Esquema del “Generador de Problemas Aleatorios”.

Todo este proceso está automatizado, es decir, el profesor no necesita tener conocimientos de FORTRAN, JAVA o LATEX, siempre y cuando se disponga de una base de datos de problemas lo suficientemente amplia. Simplemente con la lista de alumnos y seleccionando la opción deseada para el tipo de ejercicios el programa generará los ficheros finales con los enunciados de los ejercicios para los alumnos, y su correspondiente solución detallada. Inicialmente esta solución es para la corrección del profesor pero posteriormente se les puede entregar a los alumnos.

### 3.2 Aleatoriedad de los Ejercicios

Posiblemente la mayor ventaja del programa es que permite la realización de distintos ejercicios de forma aleatoria y sin un gran esfuerzo para el profesor. Obviamente, la realización de la base de datos es laboriosa y por eso sería ideal la existencia de un portal de libre acceso para que la gente pudiera añadir y descargar ejercicios propuestos por otros profesores. Esta metodología no sólo repercutiría en un menor trabajo para los profesores sino que también se homogeneizaría el nivel de las asignaturas y repercutiría en la calidad, ya que se dispondría de una gran variedad de ejercicios.

Básicamente, el grado de aleatoriedad podrá ser de dos tipos:

- *Aleatoriedad en datos numéricos* – En este tipo de problemas todos alumnos tienen el mismo tipo de ejercicio, sólo se cambian los datos numéricos de las variables o parámetros. Este tipo de ejercicio es óptimo para examen, ya que dificulta que los alumnos se copien entre ellos y además elimina la posibilidad de que haya exámenes unos más difíciles que otros;
- *Aleatoriedad según el tipo de problemas* – En esta categoría, los alumnos tienen tipos de ejercicios distintos pero con el mismo grado de dificultad y además hay aleatoriedad en las variables. Este tipo de ejercicios es óptimo para el trabajo personal de los alumnos ya que cada uno ha de enfrentarse a su propio ejercicio. Dado que los ejercicios serán evaluados, es deseable que estos tengan el mismo nivel de dificultad. Una alternativa a este tipo de ejercicios es la generación de problemas distintos, con distinto grado de dificultad y parámetros aleatorios, que pueden servir para el estudio personal de los estudiantes.

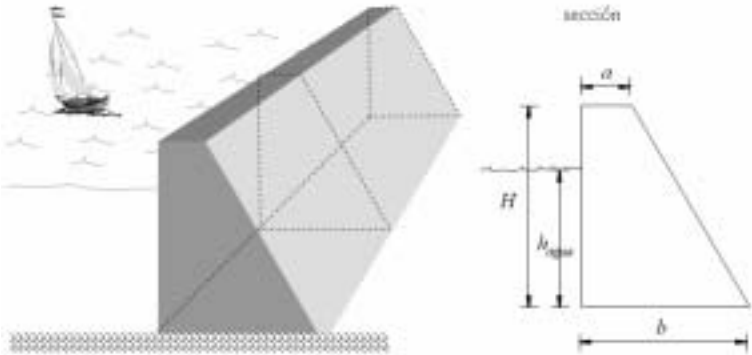
A continuación se presenta un pequeño ejemplo de un ejercicio típico con la generación aleatoria en los datos numéricos, la solución no se presenta por razones de falta de espacio. El ejercicio está clasificado dentro del tema de distribución de tensión.

Fecha de Entrega: 15/03/2004  
 Alumno: Roberto Mínguez

PR\_DISTRIB 12  
 Dada una presa de hormigón con sección trapezoidal, como la mostrada en la figura siguiente. Obtener el valor del ancho ( $b$ ) para que en la sección de la base no existan tensiones normales de tracción. Una vez obtenido ( $b$ ) calcular la tensión normal de compresión máxima.

Datos:

- Geometría:  $a = 5.10m$ ,  $H = 12.50m$ ,  $b_{agua} = 10.00m$  Variables Aleatorias
- Peso específico del hormigón:  $\gamma_h = 2.4 \times 10^4 N/m^3$  Variables Constantes
- Peso específico del agua  $\gamma_{agua} = 1.4 \times 10^4 N/m^3$ .

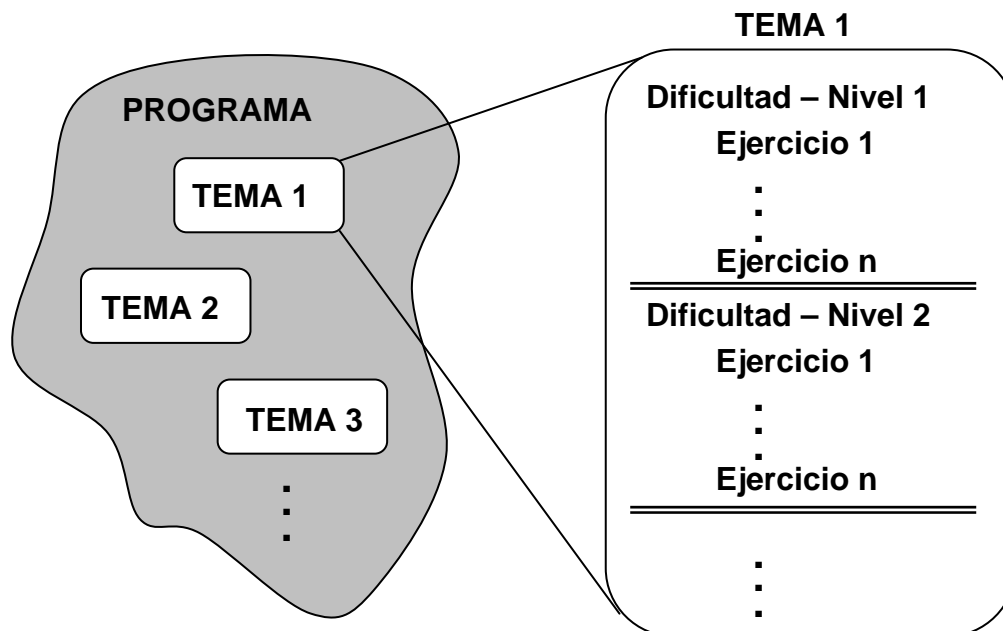


### 3.3 Implantación de Nuevos Ejercicios en el Banco de Ejercicios

Todo lo visto anteriormente se basaba en el supuesto de que la base de datos fuera lo suficientemente extensa para satisfacer las necesidades del profesor, que a su vez prescindía de la necesidad de manejar LATEX. Ahora bien, que ocurre si un profesor quiere introducir nuevos ejercicios o añadir una colección de problemas que ha ido recopilando a lo largo de su andadura profesional. En este caso la cosa se complica por la necesidad de tener

conocimientos de LATEX. La estructura genérica de un documento es invariable y posteriormente al compilar el fichero se le indica al programa compilador (*MikTeX*, *TrueTeX*) el estilo del formato con la inclusión de un fichero de estilo. Esto implica que con el mismo fichero LATEX y distintos ficheros de estilo (hay muchos estilos en la WEB que son totalmente gratuitos) se podrían generar ficheros PDF con formatos totalmente distintos de forma totalmente automática. En la actualidad existen en el mercado diversos editores, algunos gratuitos, que facilitan la tarea (*TeXnicCenter*, *Scientific Work Place*, *WinEdt*, ...) de trabajar con LATEX.

Por tanto, para generar un nuevo ejercicio e incorporarlo en el Banco de Ejercicios es necesario que previamente haya sido escrito el problema y la solución del mismo en algún editor de LATEX. Una vez generado el fichero con el resultado final tal y como se quiere, el programa generará automáticamente una subrutina que permita escribir el mismo código LATEX generado por nosotros de forma automatizada. Previo a este paso es necesario asignar qué variables son las que vamos a definir como parámetros, de tal forma que el programa, posteriormente, sepa a que variables o parámetros ha de asignarles un valor aleatorio. Para finalizar, el ejercicio deberá clasificarse en función de la temática y el grado de dificultad, véase la **Figura 2**.



**Figura 2:** Estructura del banco de ejercicios.



Posiblemente éste sea el paso más tedioso porque exige que el profesor invente o copie el problema y lo resuelva. A conocer el tiempo que le ha llevado a él realizarlo, puede hacer una estimación de lo que le podría llevar a un alumno en proceso de aprendizaje. Éste tiempo se puede añadir en el fichero enunciado para que el alumno tenga una idea aproximada de lo que debería tardar en realizarlo.

#### **4 METODOLOGÍA**

Una vez que se dispone del programa **GENPRO\_A** sólo queda comenzar a utilizarlo. Cada profesor tiene total y absoluta libertad para generar tantos ejercicios como crea necesarios en función de su criterio y de las necesidades de los alumnos. En este apartado se describirá la metodología empleada en las asignaturas de Ampliación de Mecánica y Teoría de estructuras.

Cada semana o cada vez que se finaliza un tema se distribuyen a los alumnos ejercicios distintos generados aleatoriamente, obviamente dependiendo del número de alumnos y del banco de problemas del que dispongamos puede suceder que haya ejercicios repetidos pero con distintos valores de los parámetros. Generalmente se les da de plazo una semana, pasada la cual han de entregar su solución. Una vez entregados y ayudados de la solución generada por el programa se corrigen y se les entrega corregido para que sepan cómo lo han hecho y dónde han fallado si es que el ejercicio se resolvió incorrectamente.

En sesiones posteriores, se escogen por sorteo varios alumnos y explican el problema que se les planteó y cómo resolverlo. Por la propia experiencia, se ha demostrado que incluso en el caso de que dos alumnos tengan el mismo ejercicio les crea el hábito de discutir como se resuelve en común, para luego cada uno concluir su propio ejercicio. Otro aspecto fundamental es que el hecho de que no se puedan copiar hace que al profesor le quede la sensación de que realmente está evaluando el esfuerzo personal de cada uno de los alumnos.

Respecto al proceso de corrección es muy importante tener en cuenta que una rápida corrección de los ejercicios es vital para que los alumnos se den cuenta de donde han fallado y por qué. He aquí donde la solución paso a paso generada por el programa juega un papel fundamental, permitiendo al profesor una rápida corrección. Esta metodología es muy eficaz porque ahora sí, el profesor seguir la evolución de los alumnos durante todo el curso, realizando una verdadera evaluación continua.

## 5 CONCLUSIÓN Y FUTURAS LÍNEAS DE DESARROLLO

### 5.1 Resumen y Conclusiones

El programa GENPRO\_A introducido en este artículo proporciona:

- Un sistema eficiente de evaluación continua;
- La posibilidad de aplicar una metodología que permita un seguimiento de la asignatura por parte de los alumnos;
- Una herramienta con la que el profesor puede hacer un seguimiento gradual de los alumnos;
- La posibilidad de generar una base de datos europeo para homogeneizar los estudios superiores en el entorno de la Unión.

Esta metodología está siendo utilizada en dos asignaturas: Ampliación de Mecánica y Teoría de Estructuras y se ha podido comprobar una mejora significativa en el proceso de aprendizaje de los alumnos.

La eficiencia de esta metodología está directamente relacionada con el número de ejercicios que contiene el Banco de Ejercicios y con el número de alumnos de la asignatura

### 5.2 Líneas Futuras de Desarrollo

Como líneas futuras de desarrollo, el objetivo de los autores es la creación de una aplicación que se pueda ejecutar vía WEB o que se pueda descargar para el uso de los profesores en sus propios terminales. Posteriormente se pretende implantar un Centro de Estudio Virtual, similar al realizado por el Departamento de Informática y Matemática Aplicada de la Universidad de Girona [4-6] que constará de los siguientes elementos:

- Material didáctico relacionado con los temas de cada asignatura
  - ✓ Textos en formato PDF;
  - ✓ Clases virtuales con animaciones (Herramientas: JAVA, FLASH);
  - ✓ Links a otros centros virtuales que ofrezcan material de apoyo.
- Ejercicios dinámicos
  - ✓ Permitirá al alumno hacer ejercicios que serán generados aleatoriamente y podrá comprobar el resultado a medida que resuelven el ejercicio (Herramienta: JAVA – applet).
- Foro de discusión de problemas
  - ✓ El alumno podrá enviar las dudas al profesor, con la posibilidad de ser contestadas personalmente y añadidas a una base de datos de preguntas más frecuentes (FAQ) a la que tendrían acceso todos los alumnos.

La implementación del Centro de Estudio Virtual permitirá al profesor una evaluación

inmediata y una mayor disponibilidad desde del punto de vista del alumno, porque podrá conectarse vía Internet desde cualquier sitio y a cualquier hora.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] **[http://www.aneca.es/modal\\_eval/docs/doc\\_conv\\_aneca1.pdf](http://www.aneca.es/modal_eval/docs/doc_conv_aneca1.pdf)**
- [2] **[http://www.aneca.es/modal\\_eval/docs/doc\\_conv\\_grall.pdf](http://www.aneca.es/modal_eval/docs/doc_conv_grall.pdf)**
- [3] CASTILLO, E.; PRUNEDA, R. & ESQUIVEL, M.(2001). Automatic generation of linear programming problems for computer aided instruction. *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.* Vol. 32, Nº2, pp 209-232.
- [4] SOLER, J.; POCH, J.; BARRABÉS, E.; JUHER, D. & RIPOLL, J. (2002). A tool for the continuous assessment and improvement of the students's skills on a methemathics course. Proceedings of the International Symposium. on Technologies of Information and Communication in education for Engineers and Industry. TICE 2002 pp. 105-110. Lyon.
- [5] BOADA OLIVERAS, I.; SOLER MASÓ, J.; PRADOS CARRASCO, F. & POCH GARCÍA, J.(2004). Entorno virtual de ayuda a la docencia de un curso de programación básica. 3r Congrés Internacional: "Docència Universitària i Innovació", Girona 30 de Juny, 1 i 2 Juliol de 2004.
- [6] CASCALES SALINAS, B.; LUCAS SAORÍN, P.; MIRA ROS, J. M.; PALLARES RUIZ, A. & SALVADOR SÁNCHEZ-PEDREÑO GUILLÉN, S. (2000). LATEX una imprenta en tus manos. Aula Documental de Investigación, Madrid.
- [7] **<http://www.miktex.org>**