

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE AULA INVERTIDA MEDIANTE E-LEARNING EN LOS CONTENIDOS PRÁCTICOS DE ASIGNATURAS DE LA ETSIDI

P. Maresca ^{1*}, J. Caja ² y E. Gómez ²

1: GIE Nuevas Metodologías docentes en Ingeniería Mecánica y de Fabricación
Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail: piera.maresca@upm.es

2: GIE Nuevas Metodologías docentes en Ingeniería Mecánica y de Fabricación
Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail: {jesus.caja, emilio.gomez}@upm.es

Resumen. *Este trabajo tiene como propósito describir los objetivos, la metodología y la estructura de un entorno virtual didáctico destinado a la realización de prácticas de fabricación mecánica de diferentes asignaturas de la ETSIDI. Este desarrollo ha permitido una docencia centrada en el estudiante en un entorno E-learning capaz de sustituir de manera eficiente la metodología tradicional, basada en clases magistrales y prácticas con equipos reales. El entorno desarrollado dirige y ayuda, paso a paso, al alumno en la preparación previa (training) de las prácticas de laboratorio, de forma dinámica e interactiva, a través del uso de animaciones, contribuciones de vídeos y audio, conexiones con hipertextos y simulaciones. El modelo expuesto pretende una progresiva adaptación a los nuevos paradigmas formativos, con la incorporación de las tecnologías emergentes de la comunicación, de manera que los alumnos tengan un protagonismo mayor respecto del que han tenido hasta ahora. El proyecto se ha realizado totalmente con software Macromedia: Director MX y Flash MX, que han permitido la creación de una aplicación multimedia con animaciones de altas prestaciones. También incorpora lenguajes de scripting (Lingo, JavaScript y ActionScript) que permiten el desarrollo de elementos más complejos para la interacción con el usuario.*

Palabras clave: Aprendizaje activo, aprendizaje experiencial, aula invertida, calidad en la enseñanza, evaluación del aprendizaje, grupos numerosos de estudiantes, Just In Time Teaching, trabajo en equipo/grupo.

1. Introducción

En la actualidad, la enseñanza de los procesos de fabricación está presente en diferentes asignaturas de los Grados impartidos en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) de la Universidad Politécnica de Madrid. El uso y las prácticas de diferentes equipos y software de fabricación son fundamentales en el campo de los procesos de fabricación de ingeniería para obtener los conocimientos necesarios para la fabricación de productos, teniendo en cuenta, en particular, que sus especificaciones dimensionales y de funcionalidad son cada vez más complejas. El aprendizaje de los estudiantes de la ETSIDI en este campo se lleva a cabo de manera prioritaria por parte de los profesores del Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial y de forma secuencial en las siguientes asignaturas:

1. *Tecnologías de Fabricación*, asignatura de segundo o tercer año, de carácter obligatorio en todos los grados que se imparten en la escuela. En esta materia, los estudiantes reciben su primer contacto con los procesos de fabricación más comunes, especialmente con los procesos de eliminación de material (mecanizado):
2. *Fabricación Asistida por Ordenador*, asignatura de tercer y cuarto año, obligatoria para los estudiantes del grado en Ingeniería Mecánica. Los estudiantes completan su proceso de formación, especialmente en el campo de la fabricación asistida por ordenador.
3. *Sistemas de fabricación flexibles*, asignatura obligatoria de cuarto y quinto curso.

En la asignatura *Tecnologías de Fabricación*, uno de los temas que se tratan es el de los fundamentos de la programación manual de máquinas-herramienta con control numérico estudiando, en particular, el mecanizado con torno horizontal. En la asignatura *Fabricación Asistida por Ordenador*, a partir de estas competencias específicas, se realiza la programación manual y automática de fresadoras, se amplían los conceptos vistos anteriormente y se introducen los sistemas automatizados y la fabricación asistida por ordenador. Finalmente, en la asignatura *Sistemas de Fabricación Flexible*, se aborda la automatización de los sistemas de fabricación y representa el punto de partida para estudiar la interacción de todos los elementos que componen un sistema productivo, en la práctica se estudian las interacciones en una célula de fabricación flexible compuesta por un torno, una fresadora y un robot de alimentación.

Si bien la relación propedéutica entre estas tres asignaturas no es obligatoria, está claro que existe una línea continua que conecta la enseñanza y el aprendizaje de una a otra. Se puede decir, por lo tanto, que para los estudiantes es esencial conocer esta conexión entre estas asignaturas para poder abordar con éxito el estudio de cada uno de los aspectos de la fabricación.

Debido al hecho de que las asignaturas mencionadas anteriormente son obligatorias, así como la gran cantidad de alumnos matriculados (por ejemplo, la asignatura *Tecnología de Fabricación* en el año académico 2017-2018, tenía aproximadamente setecientos alumnos matriculados, *Fabricación Asistida por Ordenador* y *Sistemas de fabricación flexible* tenían alrededor de ciento cincuenta estudiantes) y la presencia de pocos equipos disponibles para uso de los estudiantes, ha sido necesario crear y desarrollar una plataforma de enseñanza virtual como un laboratorio de fabricación virtual que permite simular la operación de los diferentes equipos, en un entorno Macromedia Flash, para desarrollar los trabajos de prácticas por parte de los estudiantes y su evaluación posterior. La plataforma es una herramienta útil y fácil para complementar la enseñanza de las clases prácticas, en la que el estudiante no siempre tiene la posibilidad de usar las máquinas en estudio y, a veces, no pueden ver cómo funcionan.

2. Desarrollo de la ponencia

El proyecto se ha realizado totalmente con software house Macromedia, en concreto Director MX 2004 y Flash MX 2004. Estas herramientas permiten la creación de aplicaciones multimedia de altas prestaciones, con una excelente integración de audio y video; además, permiten el uso de lenguajes de scripting (Lingo, JavaScript y ActionScript) para la implementación de utilidades interactivas. Por ejemplo, el módulo

de autoevaluación ha sido realizado enteramente en Lingo y ActionScript. Otros programas complementarios utilizados han sido: Autocad 2008 y Adobe Photoshop 7.

Los requerimientos técnicos recomendados para el funcionamiento de la aplicación son mínimos: un equipo válido necesita solamente una resolución de pantalla de 800X600, una profundidad de color de al menos 16 bits, tipo de letra "Symbol" necesario para la visualización de algunos símbolos y, opcionalmente, altavoces.

La aplicación contiene tres secciones que corresponden a las tres asignaturas desarrolladas: 1. Tecnologías de Fabricación, 2. Fabricación Asistida por Ordenador y 3. Sistemas de Fabricación Flexibles. El acceso a cada una de las tres asignaturas se realiza a través una pantalla inicial (figura 1).



Figura 1: Pantalla inicial de la aplicación.

Entrando en cada asignatura, el alumno puede realizar una o dos prácticas dependiendo de la misma. La estructura de cada práctica es común, independientemente de la asignatura.

De manera global, una vez realizadas todas las prácticas, los alumnos deben conocer las características más importantes de los equipos, recursos y softwares empleados en el laboratorio de fabricación mecánica de la ETSIDI, saberlos identificar y deben conocer los fundamentos teóricos necesarios para un primero uso.

Cada alumno realiza su *training* de manera individual, recorriendo todas las secciones que componen el entorno interactivo, cuya estructura y filosofía es común a todas ellas (figura 2), lo que permite al alumno una rápida familiarización con el entorno.



Figura 2: Estructura de la aplicación.

Los siete apartados en los que se estructura cada práctica cuentan, en ocasiones, con sub-apartados que se muestran como pantallas independientes en la aplicación. La Tabla 1 contiene una descripción sucinta de los objetivos que se persiguen en cada caso.

Tabla 1: Descripción y objetivos de cada una de las secciones de la aplicación.

| Sección | Subsección | Objetivos |
|------------------------|---|--|
| <i>Inicio</i> | <i>Descripción</i> <i>Objetivos</i> <i>Material</i> | Descripción en detalle del alcance de la práctica, de sus principales objetivos y de los equipos e instrumentos necesarios para llevarla a cabo. Información clara y detallada sobre qué se pretende hacer, para qué y con qué recursos se va a realizar la práctica. |
| <i>Apuntes</i> | | Muestra los conceptos teóricos y las expresiones matemáticas necesarias para el correcto desarrollo de cada práctica. Incluye ejemplos sencillos resueltos y links internos y externos. |
| <i>Ejemplo</i> | | Visualización de uno o más ejercicios prácticos resueltos. Se trata de prácticas animadas y guiadas, donde el alumno/usuario no necesita tomar decisiones. |
| <i>Vídeo</i> | | El alumno/usuario puede ver la realización real de la práctica en el laboratorio. Se muestran y describen minuciosamente todos los pasos. Una vez superada esta sección, el alumno debe identificar los equipos y herramientas a emplear y debe saber cómo se realiza la práctica con equipamiento real en el laboratorio de fabricación. |
| <i>Práctica guiada</i> | | Realización interactiva, animada y guiada de un ejercicio práctico virtual. El alumno debe seguir paso a paso las indicaciones y debe tomar decisiones que comprometen el desarrollo de la práctica. El proceso de aprendizaje es dinámico y requiere que el alumno/usuario realice acciones permanentemente, de manera que se mantiene su atención durante todo el tiempo de ejecución |
| <i>Auto-evaluación</i> | | Sección que el alumno/usuario debe abordar una vez realizadas y comprendidas las demás secciones. En todos los casos se propone una decena de ejercicios, en los que se evalúan los diferentes aspectos tratados a lo largo de la práctica. El objetivo principal es que sea el propio alumno/usuario quien controle el nivel de los conocimientos adquiridos. Para ello, al terminar la "Auto-evaluación" la aplicación muestra la calificación obtenida y las respuestas correctas de cada ejercicio. Será el usuario quien determine si da por concluida la práctica o, por el contrario, desea realizar de nuevo alguna de las diferentes secciones. |

3. Conclusiones

El entorno virtual presentado en este trabajo, desarrollado para la docencia práctica de la fabricación por arranque de viruta, permite al alumno suficiente autonomía en el proceso de aprendizaje e interactividad, manteniendo un razonable grado de realismo.

Este entorno se sustenta en:

- a. Desarrollo integrado de conocimientos teóricos y ejercicios prácticos.
- b. Autonomía en el ritmo de aprendizaje.
- c. Evaluación objetiva de los conocimientos adquiridos, a través de evaluación continua.
- d. Posibilidad de trabajo colaborativo y activo.
- e. Posibilidad de simulación interactiva.
- f. Docencia orientada al aprendizaje.

Para evaluar su efectividad y confiabilidad, se quiere utilizar la plataforma virtual durante el segundo semestre del curso 2018-19, donde se imparten cursos sobre tecnologías de fabricación y Fabricación Asistida por Ordenador. Para este propósito, la plataforma será utilizada por varios grupos pilotos, uno para cada materia, formados por 15 y 20 estudiantes respectivamente, voluntariamente. Una vez finalizado el proceso formativo, los alumnos realizarán distintas encuestas para evaluar la efectividad y confiabilidad de la aplicación y tomar decisiones respecto a la misma.

Además, los resultados de satisfacción serán analizados por los profesores que querrán probar la plataforma.

Se espera que los resultados obtenidos pongan de manifiesto un mayor grado de formación y un mejor nivel académico en aquellos alumnos que han participado de la experiencia piloto.

Cabe señalar, por último, que, aunque el entorno desarrollado permite recrear con suficiente grado de realismo las prácticas, siempre resulta muy conveniente complementar el proceso formativo con la realización física de actividades reales, única manera de adquirir una mínima destreza en el manejo de los equipos. En consecuencia, este entorno virtual y el modelo docente en el que se sustenta tiene sentido únicamente para racionalizar el tiempo de formación práctica disponible y para paliar las carencias asociadas a los problemas de un elevado número de alumnos y a la imposibilidad de disponer en un mismo centro docente de un gran número de equipos, algunos de elevado coste.

REFERENCIAS

- [1] P. Maresca, E. Gómez, J. Caja, C. Barajas, R. Ledesma, "Academic Learning Platform for Practical Classes: A Learning Model in Manufacturing Engineering", *Procedia Engineering*, Vol. 132, pp. 205-212, (2015).
- [2] P. Maresca, E. Gómez, J. Caja, C. Barajas, "Virtual Environment for the Simulation of a Horizontal Coordinate Measuring Machine in the Teaching of Dimensional Metrology", *Procedia Engineering*, Vol. 63, pp. 234-242, (2013).
- [3] E. Gómez, P. Maresca, J. Caja, C. Barajas, M. Berzal, "Developing a new interactive simulation environment with Macromedia Director for teaching applied dimensional metrology", *Measurement*, Vol. 44(9), pp. 1730-1746, (2011).