

# ***Reinventando la rueda: una experiencia de aprendizaje por descubrimiento en la asignatura de Sistemas Operativos***

Miguel Riesco Albizu, Marián Díaz Fondón

Dpto. de Informática  
Universidad de Oviedo  
c/ Calvo Sotelo, s/n – 33007 Oviedo  
{albizu, fondon}@uniovi.es

## **Resumen**

El aprendizaje por descubrimiento es una técnica docente de las propuestas para formación por competencias, donde se fomenta el aprendizaje activo y, se supone, se obtiene un mayor aprovechamiento por parte del alumno.

En este artículo se describe una experiencia de aplicación de dicha técnica a la asignatura de Sistemas Operativos y los resultados que se han observado.

Además, como resultado del trabajo desarrollado, se reflexiona sobre los problemas que se están produciendo respecto al cambio metodológico propuesto por el EEES.

## **1. Motivación**

El modelo de enseñanza universitaria actual está, en su gran mayoría, centrado en la docencia. Sin embargo, dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) uno de los aspectos que contempla es ir abandonando este modelo para adoptar otro centrado en el aprendizaje.

Sistemas Operativos es una asignatura de segundo curso en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica en Informática de Oviedo. En su docencia se han ido incorporando en los últimos años diversas técnicas para acercarnos al modelo propuesto por el EEES [4]. Entre ellas podemos destacar:

- Técnicas para fomentar el trabajo continuo, como la realización de trabajos de refuerzo, boletines de ejercicios y controles para cada uno de los temas la asignatura.
- Técnicas destinadas al fomento del trabajo en equipo, como la realización de trabajos de refuerzo y de complemento.

Sin embargo, en la explicación de la materia de teoría se ha seguido utilizando el tradicional modelo expositivo a través de la lección magistral. Las ventajas y los inconvenientes de este tipo de docencia son bien conocidos, con lo que no incidiremos en ello.

Así, los profesores de la asignatura han pretendido *realizar un paso más hacia Bolonia*, llevando a cabo una experiencia para medir la aplicabilidad de técnicas de aprendizaje activo. Esta experiencia se ha llevado a cabo, de momento, en la docencia de un tema de la asignatura. En función de los condicionantes de este tipo de docencia y de resultados obtenidos, que más adelante se detallan, se verá si es útil y factible extender esta técnica al resto del temario de la asignatura y a otras asignaturas.

## **2. El aprendizaje por descubrimiento**

Las teorías del aprendizaje han ido evolucionando a lo largo del tiempo. Si hasta los años 60 la teoría dominante fue el conductismo, a partir de ahí la moda se inclina hacia teorías como la cognitiva y la constructivista del aprendizaje.

Así, se pasa de un aprendizaje basado en el condicionamiento, asociación y refuerzo a otra serie de teorías basadas en el hecho de que el aprendizaje humano es activo, constructivo, social, contextualizado, significativo y mediado por el lenguaje [3].

Dentro de las teorías cognitivas y constructivistas del aprendizaje el *aprendizaje por descubrimiento guiado*, de Jerome Bruner [2], se encuentra a medio camino entre el aprendizaje significativo por recepción, de Ausubel, y la teoría constructivista radical.

Según las teorías de Bruner, el aprendizaje más significativo se desarrolla cuando se adquiere a través de la exploración activada por la curiosidad y el deseo de saber. Los métodos de aprendi-

zaje por descubrimiento ofrecen al estudiante la oportunidad de buscar, analizar, procesar manipular, transformar y aplicar la información. Este proceso ayuda al alumno a desarrollar estrategias del tan manido *aprender a aprender*.

Este tipo de aprendizaje exige del alumno alta motivación y competencias específicas que a menudo no posee. De ahí que el aprendizaje por descubrimiento sea *guiado*, donde el profesor ejerce de guía y plantea el proceso de aprendizaje a través de simulaciones y juegos.

Una cuestión adicional planteada por Bruner es la estructura del aprendizaje. Frente al conocimiento lineal del conductismo o jerárquico de Ausubel, Bruner lo plantea con estructura espiral o recurrente. En este planteamiento, el mismo contenido se aborda sucesivamente a distintos niveles de complejidad para lograr una mayor profundidad y extensión sobre los mismos.

El último punto destacable de la teoría de Bruner es el papel positivo que puede desempeñar el error en el proceso de aprendizaje, ya que sirve para despertar la curiosidad por solventarlo estudiando más en profundidad el tema.

### 2.1. Características principales

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, de entre las características principales que presenta este tipo de aprendizaje se pueden destacar las siguientes:

- El conocimiento real es el aprendido por uno mismo.
- El método del descubrimiento es el principal para transmitir el contenido de la materia.
- La capacidad para resolver problemas debe ser la principal meta de la educación.
- El descubrimiento sirve para organizar eficazmente todo lo aprendido para emplearlo posteriormente.
- El descubrimiento fomenta de manera importante la motivación y confianza en sí mismo.
- El descubrimiento asegura la conservación de lo aprendido.

### 2.2. Requisitos

Para que pueda darse el aprendizaje por descubrimiento deben darse una serie de condiciones, entre las que se pueden citar las siguientes:

- El ámbito del problema debe ser restringido.

- Los objetivos estarán bien definidos y serán atractivos.
- Deben tenerse en cuenta los conocimientos previos del alumno para definir un objetivo asequible.
- Los alumnos deben estar familiarizados con los medios necesarios para alcanzar el objetivo.
- Para incentivar a los alumnos, éstos deben percibir que la tarea asignada tiene sentido y que merece la pena realizarla.

## 3. Contexto de la asignatura

La asignatura de Sistemas Operativos se imparte en el segundo curso de la titulación de Ingeniería Técnica en Informática de Gestión y en la de Sistemas.

### 3.1. Número de alumnos

En el curso 2005-06 en la asignatura hay 262 alumnos matriculados, divididos en tres grupos de teoría, dos de mañana y uno de tarde. La adscripción de cada alumno a un grupo se hace en función de su apellido, tratando de lograr tres grupos de unos 90 alumnos.

La realidad es bien distinta. Dado que no se controla la asistencia, y al ser los tres grupos iguales a todos los efectos, la mayor parte de los alumnos prefieren acudir a clase por la mañana, lo que hace que se desequilibre claramente el número de alumnos asistentes a cada grupo: mientras que a los grupos de mañana suelen asistir alrededor de 80 alumnos cada uno, el grupo de tarde suele tener de 20. El resto de los alumnos, cerca de 100, no acude a clase regularmente.

### 3.2. Contexto académico

Al ser una asignatura de segundo curso los alumnos ya disponen de un conjunto de conocimientos técnicos previos que son necesarios para el adecuado seguimiento de la materia el general, y de la técnica propuesta en particular. En concreto, va a ser importante, para poder aplicar la técnica que posteriormente se explica, que los alumnos posean las siguientes competencias:

- Comprender el funcionamiento básico del procesador.
- Diseñar aplicaciones software de complejidad media en un lenguaje de alto nivel.

- Diseñar algoritmos relativamente complejos en pseudocódigo.
- Definir y utilizar estructuras de datos simples (colas, pilas, tablas, etc)
- Elegir el algoritmo y/o las estructuras más adecuadas y eficientes para una aplicación concreta.

Estas competencias las adquieren los alumnos a través de asignaturas como *Fundamentos de computadores*, *Introducción a la programación* y *Metodología de la programación*, de primer curso, y al cursar otras de segundo curso como *Estructura de los Computadores*, *Teoría de la programación*, *Tecnología de la programación* y *Estructuras de datos y de la información*, que los alumnos ya han cursado (al menos en parte) en el momento en el que se lleva a cabo la experiencia aquí descrita.

#### 4. Descripción de la experiencia

Para llevar a cabo la experiencia de aplicación del aprendizaje por descubrimiento en una asignatura de nivel universitario y de marcado carácter técnico, como es Sistemas Operativos, se eligió el tema de Gestión de Memoria.

No hay ningún motivo de contenido para esa elección. Podría haberse elegido cualquier otro, pero en este caso se estimó conveniente un tema de mediados de curso para dar tiempo a que los alumnos adquirieran, al menos a un nivel básico, las competencias impartidas en otras asignaturas de segundo.

##### 4.1. Estrategia de aprendizaje tradicional

La materia en cuestión estudia el funcionamiento del subsistema de gestión de memoria del sistema operativo. Una parte importante de la gestión la lleva a cabo el hardware, y así se estudia en asignaturas como Estructura de Computadores. Dentro de Sistemas Operativos procuramos centrarnos en la parte de gestión que es responsabilidad del sistema operativo.

Básicamente, tras una introducción donde se presentan las bases del problema y los objetivos a conseguir con la gestión de memoria, se pasa a estudiar en detalle los esquemas básicos de gestión de memoria, como son:

- Memoria real con particiones estáticas.

- Memoria real con particiones dinámicas.
- Memoria virtual con paginación.
- Memoria virtual con segmentación.
- Memoria virtual con segmentación + paginación.

Tradicionalmente este tema se explica a través de lecciones magistrales complementadas con clases de problemas. Posteriormente, en clases de laboratorio el alumno desarrolla un programa que simula el comportamiento de un sistema de gestión de memoria simple de un sistema operativo.

##### 4.2. Puesta en práctica de la estrategia de aprendizaje por descubrimiento

En pocas palabras, lo que se pretendía con este tipo de docencia era que los alumnos diseñaran a alto nivel, partiendo prácticamente de cero y sin saber cómo hacerlo, un pequeño sistema de gestión de memoria para cada una de las organizaciones básicas de memoria.

Para poder llevar a cabo la experiencia, aprovechamos la circunstancia, antes señalada, de contar con un grupo de teoría con pocos alumnos (alrededor de 20), dado que los estudios consultados al respecto desaconsejan utilizar técnicas de trabajo en grupo en clases de más de 25 alumnos.

Asimismo, y con objeto de poder comparar los resultados del aprendizaje con respecto a una docencia tradicional se establecieron dos grupos de control:

1. El formado por los alumnos que asistían a los otros dos grupos de teoría, donde se impartiría el tema por medio de la docencia tradicional antes reseñada
2. El grupo formado por los alumnos que no asistían a clase.

La duración prevista del tema era de 6 horas de clase. En el grupo objeto de la experiencia estas 6 horas se desarrollaron de la siguiente manera:

- La primera hora se desarrolló mediante un método expositivo tradicional presentando los aspectos generales del tema.
- Durante las cuatro horas siguientes se llevó a cabo la experiencia propiamente dicha, tal y como se describe más adelante.

- La última hora, utilizando el método expositivo tradicional pero más dialogado que de costumbre, se resumieron los principales puntos del tema, se resolvieron dudas, problemas, etc.

La primera y la última hora del tema se desarrollaron de manera similar en los tres grupos.

Para llevar a cabo el *aprendizaje por descubrimiento*, y siguiendo requisitos de este tipo de docencia antes expuestos, se diseñaron cuatro sesiones de una hora, cada una destinada a una de las organizaciones de memoria (particiones estáticas, particiones dinámicas, memoria virtual con paginación y memoria virtual con segmentación). En cada sesión se trataba única y exclusivamente esa técnica, y se intentaba completar el estudio de la misma.

Cada sesión se divide en 3 partes:

1. Durante unos 10 minutos al comienzo de la clase se expone esquemáticamente en qué consiste la organización de memoria de que se trate.
2. Los 30 minutos siguientes los alumnos trabajan en grupo diseñando (a alto nivel) un sistema de gestión de memoria básico basado en la organización que corresponda.
3. Durante los últimos 20 minutos se realiza un debate entre los alumnos y el profesor para reunir el trabajo realizado por todos y aclarar los puntos conflictivos.

La idea es que, en lugar de explicarles a los alumnos todas las características de cada tipo de organización de memoria, los alumnos deben descubrir qué necesitarían para poder implementar un sistema de gestión de memoria basado en esa organización.

Con el fin de guiar dentro de lo posible la fase de trabajo en grupo (4 alumnos) y de centrar el estudio en los puntos importantes, se proporciona a los alumnos un cuestionario con los siguientes apartados:

- Indicar qué datos debe proporcionar el sistema al hardware para llevar a cabo la traducción y la protección de memoria.
- Diseñar el pseudocódigo de las operaciones necesarias a implementar (utilizando diseño descendente).

- Señalar las políticas de administración que son necesarias y qué posibilidades hay de implementación.
- Indicar el grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos de diseño propuestos en la introducción del tema.

Lógicamente, al tratarse de una clase distinta a las que están habituados, los alumnos se sienten un tanto perdidos al principio. Sin embargo, al intervenir el profesor en la fase de trabajo de grupo puede ir guiando a cada grupo de manera más personalizada en función de las dificultades que cada uno vaya encontrando.

Una característica adicional que ha permitido a los alumnos habituarse a esta manera de trabajar es la complejidad creciente de la materia que se ha tratado en cada una de las sesiones, de acuerdo a los postulados de Bruner antes señalados. Así, en las primeras sesiones la materia es más sencilla pero el trabajo se ralentiza por la falta de costumbre de los alumnos. Para las últimas sesiones (las dedicadas a la memoria virtual) los alumnos ya saben en qué se tienen que centrar y cómo trabajar, con lo que, a pesar de que la materia es considerablemente más compleja, son capaces de llevar a cabo el trabajo razonablemente dentro del tiempo estipulado.

## 5. Resultados

En este apartado se exponen los resultados que se han observado. En primer lugar se muestran los resultados *subjetivos*, es decir, las observaciones llevadas a cabo por el profesor y los comentarios de los alumnos. Posteriormente se muestra la comparativa de las notas obtenidas por los alumnos del grupo de estudio y los dos grupos de control establecidos.

### 5.1. Resultados subjetivos

Desde el punto de vista del profesor, las conclusiones que se pueden sacar de la experiencia realizada son las siguientes:

- Este tipo de docencia es una alternativa para lograr una mayor implicación del alumno y un papel más activo en su aprendizaje.
- Es factible llevarlo a cabo, pero con grupos no demasiado grandes. Si bien se ha llevado a cabo con un grupo de cerca de 20 alumnos (5

grupos de 4 personas), se estima que la situación podría ser manejable hasta 8 ó 10 grupos (alrededor de 35 ó 40 alumnos). Para grupos mayores, sería difícil llevarlo a cabo.

- El trabajo del profesor no aumenta con respecto a una docencia tradicional. Hay que llevar a cabo una planificación cuidadosa y seguirla lo más estrictamente posible para que no se alargue en exceso el tema.
- El trabajo del profesor sí es distinto al tradicional, con un mayor diálogo e interacción con el alumno. El profesor también debe adaptarse al este nuevo papel.
- En general, se va a tardar algo más en la docencia de la materia. Para el tema elegido, se tardó una hora más (6 en lugar de 5) para completar la materia del tema.

Por lo que respecta a los alumnos, se sondeó la opinión de los alumnos a los que se impartió clase por medio de esta técnica. Esto se hizo por medio de una encuesta y directamente a través de conversaciones informales. Las conclusiones que pudieron extraer son las siguientes:

- Se pueden caracterizar dos grupos claramente diferenciados de alumnos: a los que les gustó la experiencia y la consideran interesante y los que prefieren seguir manteniendo un papel pasivo en la enseñanza.
- En cualquier caso, prácticamente todos opinan que es positiva para su formación, si bien no creen que tenga una incidencia directa en la obtención de mejores resultados académicos.

## 5.2. Resultados empíricos

Como se ha indicado anteriormente, en la asignatura se realiza un examen tras cada uno de los temas.

Se ha realizado un estudio de las notas obtenidas en el examen por los alumnos pertenecientes a cada uno de los grupos:

- El grupo piloto, en el que se llevó a cabo la experiencia.
- El grupo de control 1, formado por los alumnos que acudieron a clase donde se impartió docencia tradicional.

- El grupo de control 2, formado por los alumnos que no han acudido a clase y han preparado el tema por su cuenta.

Por otro lado, se han estudiado las notas de los temas 3 (en el que se llevó a cabo la experiencia) y el tema 2 (el inmediatamente anterior en ser impartido y evaluado).

En cada caso se ha calculado la nota media de los alumnos y el porcentaje de alumnos del grupo que han aprobado el examen (han obtenido una nota mayor o igual a 5).

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Grupo	Tema 3		Tema 2	
	Nota	% Ap.	Nota	%Ap.
Piloto	4,94	69,23	4,48	37,77
Control 1	4,11	32,69	4,51	42,31
Control 2	3,60	21,59	4,27	27,27

Tabla 1. Estadísticas de los temas 2 y 3

De los datos mostrados en la Tabla 1 podemos destacar:

- Los resultados obtenidos en el grupo piloto son espectacularmente mejores que en los grupos de control. Si bien en el caso de la nota media esta mejora no es muy llamativa (alrededor de un 20%) el porcentaje de aprobados dobla el del grupo de control 1 y triplica el del grupo control 2.
- Este resultado no parece ser debido a las características propias del grupo (tamaño del grupo, tipo de alumnos, etc.), dado que en el tema anterior los resultados obtenidos por este grupo son ligeramente peores que los del grupo de control 1.
- En cualquier caso, los resultados obtenidos por los alumnos que no acuden a clase (grupo de control 3) son los peores, pero tal vez no haya tanta diferencia como cabía esperar con los alumnos del grupo de control 1. Tal vez el hecho de que la docencia se base en el seguimiento de un libro haga que la asistencia a clase no sea decisivo para obtener una buena calificación.

## 6. Conclusiones

### 6.1. Conclusiones de la experiencia

Es posible utilizar técnicas de aprendizaje por descubrimiento en la docencia de una carrera universitaria, como se ha mostrado en este artículo, siempre y cuando el número de alumnos por grupo lo permita.

Los resultados que se han obtenido han sido ciertamente prometedores, dado que se ha multiplicado por algo más de 2 el porcentaje de alumnos aprobados respecto a los que han seguido una docencia tradicional.

La utilización de este tipo de técnicas no tiene por qué suponer para el profesor un esfuerzo adicional al que realiza con una docencia tradicional. Únicamente precisa un tiempo de adaptación para poder acostumbrarse a esta nueva forma de llevar a cabo sus clases.

Sin embargo, la aplicación generalizada de técnicas de este estilo se antoja complicada por varios motivos:

- El excesivo número de alumnos por grupo de teoría.
- Las reticencias del profesorado a cambiar su rol en la docencia y su forma de llevarla a cabo.
- Las reticencias de una parte importante del alumnado que se siente más cómodo con un papel menos activo y participativo en clase.

### 6.2. Reflexiones acerca del cambio metodológico propuesto en el EEES

Actualmente estamos inmersos en pleno proceso de cambio, siguiendo las directrices proporcionadas por el EEES. En esta línea se están llevando a cabo la redefinición de titulaciones, y muy próximamente de planes de estudio. Sin embargo, el mayor cambio conceptual que pretende conseguir el modelo europeo es el uso de una metodología docente por parte del profesorado y de un modo de aprendizaje por parte del alumno marcadamente diferente al existente hasta ahora.

Se pretende que el profesor cambie la concepción de sus clases, en las que actualmente juega básicamente el papel de transmisor de información, a través de clases magistrales, y utilice otras técnicas de enseñanza/aprendizaje, que proporcio-

nen al profesor un papel de facilitador del aprendizaje a través del desarrollo de actividades que permitan al alumno, de manera activa, aplicar los conocimientos a la vez que los aprende, y descubre su utilidad.

Resulta pues, el cambio metodológico, un factor clave dentro del marco europeo. Sin embargo, en el camino recorrido desde el acuerdo de Bolonia de 1999, hasta la actualidad, los principales responsables de la puesta en marcha de este cambio, se han centrado mucho más en otros aspectos del proceso, como el desarrollo de las titulaciones.

Para llevar a cabo el cambio metodológico, es preciso modificar diversos aspectos:

En primer lugar cambiar la mentalidad del profesorado. Habrá que informar y convencer al profesorado de que esta concepción pedagógica del cómo impartir docencia resultará más productiva que la actual.

En segundo lugar habrá que formar al profesorado en el uso de las estrategias de aprendizaje centradas en la actividad del alumno, lo cual llevará tiempo y dinero.

Finalmente será necesario adaptar sobre todo la ratio profesor/alumno, puesto que la concepción de aprendizaje del EEES no puede ser llevada a cabo adecuadamente cuando el número de alumnos es elevado (por encima de 25 alumnos por aula), no sólo para poder llevar a cabo actividades, sino también para permitir que el profesor realice un seguimiento continuado de dichas actividades durante todo el curso.

Por el momento, sólo se están poniendo en marcha proyectos piloto con pocas directrices, sin saber muy bien lo que se quiere y dejando que el profesor, de manera autodidacta, se involucre en los cambios que crea oportunos. En el mejor de los casos se le pide al profesorado que “pruebe” con sus alumnos los métodos, las técnicas, las actividades que consideren más adecuadas.

El problema es que no existe un modelo de formación claro y competente que pueda ser aplicado. En definitiva, las universidades no cuentan con una “estrategia clara de trabajo, dirigida al proceso de cambio metodológico”, en el que aparezcan al menos las tres fases mencionadas: mentalización del profesorado, formación específica y adaptación de grupos.

La fase más complicada es la de la formación específica. No sólo se trata de formar al profesor en otras técnicas de aprendizaje. Lo más difícil es

formarle para que transforme su asignatura utilizando las técnicas más adecuadas en función del tipo de conocimientos y destrezas a adquirir.

Este proceso de transformación debería estar apoyado en el trabajo realizado en otras universidades, europeas o americanas, en las que ya estén utilizando este modelo, y de ese modo no pedir que el profesor se dedique en un corto periodo de tiempo (antes del 2010), a reinventar la rueda.

### Referencias

- [1] Ausubel, David P. *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Ed. Paidós Ibérica, S.A, 2002
- [2] Bruner, Jerome S. *Proceso mental en el aprendizaje*, Ed. Narcea, 2001
- [3] De la Cruz Tomé, M. A. *El aprendizaje de competencias y la planificación de la enseñanza*. Apuntes del Curso de formación permanente del mismo título. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo, Diciembre de 2005.
- [4] Díaz Fondón, M.; Riesco Albizu, M.; Martínez Prieto, A. B. *Convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior: Algunas ideas prácticas y viables para llevar a cabo el cambio de paradigma*. X Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática Alicante, Julio 2004.

