

Sistemas Operativos: propuesta de contenidos y técnicas docentes en la titulación de Ingeniería Informática

Jesús Carretero
Alejandro Calderón
José Daniel García

Departamento de Informática
Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid
Avda. Universidad 30, 28911, Leganés, Madrid
jesus.carretero@uc3m.es

Resumen

En este artículo se presentan varios conceptos relacionados con los contenidos y técnicas docentes que el autor ve como más deseables para la materia de Sistemas Operativos en la titulación de Ingeniería en Informática. Para centrar el tema se plantean primero algunos conceptos generales sobre enseñanza y aprendizaje, se centra el campo de los sistemas operativos según las propuestas de currículo existentes en ACM/IEEE, se contextualiza algo sobre el proceso de Bolonia y se relaciona con el libro blanco de la Ingeniería Informática. Por último se abordan las propuestas sobre Sistemas Operativos, propuestas que recogen la experiencia del autor y los aspectos más aceptados tanto a nivel nacional como internacional en la docencia de estas asignaturas.

1. Enseñanza y aprendizaje

La Taxonomía de los objetivos educativos de B. S. Bloom [1] define los siguientes objetivos a alcanzar en un proceso de aprendizaje. En su forma revisada está formada por cuatro niveles:

- Conocimiento o Memoria (memorizar)
- Comprensión (relacionar)
- Aplicación (usar reglas, técnicas, habilidades, estrategias, etc)
- Pensamiento Crítico o Resolución de Problemas.

Los métodos tradicionales de enseñanza raras veces satisfacen más de los tres primeros niveles. Es necesario introducir el estudio propio y el trabajo en grupo y con el profesor en clase para criticar cosas ya existentes, plantear problemas concretos y ver posibles soluciones innovadoras, etc.

Para lograr estos objetivos es fundamental definir los elementos de la didáctica, los objetivos específicos del perfil de Ingeniero a formar, las actividades de enseñanza y la forma de evaluar los resultados.

1.1. Definición y elementos de la didáctica

La Didáctica se define como la ciencia y arte de enseñar y está constituida por un conjunto de procedimientos y normas técnicas destinadas a dirigir el aprendizaje de la manera más eficiente posible.

La didáctica resuelve los problemas de aprendizaje basándose en los datos científicos y empíricos de la educación y establece normas de acción y formas de comportamiento.

La didáctica considera seis elementos fundamentales:

El **profesor** es el actor que imparte enseñanza o dirige el aprendizaje. Debe llevar a cabo actividad docente e investigadora y debe incorporar sus conocimientos de investigación a la docencia cuando se aborden problemas, casos reales, etc. En la docencia, tiene tres papeles principales:

- Planificación de la actividad docente.
- Realización de las actividades planificadas.
- Verificación del cumplimiento de las actividades por parte de los alumnos así como del nivel de los conocimientos y habilidades adquiridos.

La actividad del profesor debe ser evaluada en todos sus papeles, para ver su nivel de desarrollo en cada uno de ellos.

El **alumno** es el receptor de la actividad docente y el objetivo fundamental de la misma. Por ello, es necesario tener en cuenta su nivel de

conocimientos, su interés, capacidad intelectual y hábito de trabajo. Además, es necesario estimular su actitud frente a la docencia para que pase de ser un mero receptor a un elemento actor de la misma a través de su cooperación en actividades docentes. *Probablemente, la mayor innovación que las nuevas tecnologías pueden aportar a la enseñanza es colocar a los estudiantes en una actitud activa en vez de pasiva.*

Los **objetivos** de la actividad docente y de la educación en general. Estos objetivos pueden ser de tipo general, como formar ingenieros responsables, tener algún conocimiento humanista, etc., o más específicos, como dotar de ciertas competencias profesionales, lograr una alta cualificación en alguna materia, conseguir una tasa de éxito en una asignatura o titulación, etc. Es importante definir bien estos objetivos, ya que su logro puede condicionar la aplicación de determinados métodos. Por ello, los objetivos que se definan, sobre todo los concretos relacionados con la actividad docente y sus resultados, deben ser pertinentes, lógicos, realizables y medibles. La definición de los objetivos operativos de aprendizaje tiene ventajas para el alumno, el profesor, la institución docente y la sociedad.

La **materia** como tal supone la definición de un nombre y unos contenidos concretos de una asignatura. Para imbricar una materia en una titulación es muy importante conocer su nivel de dificultad y su importancia dentro del currículo de estudios. Obviamente, la definición de una materia debería ser llevada a cabo por expertos en la misma, pero también es importante contar con expertos en la profesión a ejercer.

Los **métodos y técnicas de enseñanza** permiten hacer llegar la materia desde el profesor al alumno y difundirla entre grupos de alumnos. Es fundamental buscar la manera más eficaz de utilizar los recursos didácticos para lograr el aprendizaje del estudiante. Para ello se debe definir claramente la tipología de trabajo a realizar por los alumnos: teoría, práctica, trabajos, exámenes, práctica en empresa, etc. Además, esta tipología debe estar perfectamente imbricada con la materia y con la planificación de los cursos.

El **centro de enseñanza** es un factor muy importante en cuanto que define la orientación y objetivos de la universidad y puede influir en los contenidos curriculares. Como en toda organización, es necesario tener en cuenta los recursos humanos cuando se planifican nuevo

currículos y prever planes de formación de profesorado para adaptarse a las nuevas circunstancias. En ningún caso, la organización en recursos humanos debe suponer una rémora para la innovación.

1.2. Actividades de enseñanza

Para llevar a cabo un buen desarrollo del método pedagógico el profesor empleará la técnica de enseñanza buscando la manera más eficaz de utilizar los recursos didácticos para lograr el aprendizaje del estudiante.

A continuación se hace una clasificación de los métodos pedagógicos más habituales.

Clases expositivas o **teóricas**. Es el método fundamental que permite desarrollar en forma ordenada y sistemática los puntos esenciales de una disciplina. La experiencia demuestra que facilita enormemente la preparación del alumno. Además de mostrar conceptos importantes y presentar la materia, la clase teórica debe ser desarrollada de manera que se promueva el ejercicio de la inducción y la deducción, se subraye la utilidad de las ideas expuestas, se asegure la continuidad de unas ideas sobre la base de las anteriores, se promocióne la participación activa de los alumnos, etc. Es importante evitar el dogmatismo y la pasividad de los alumnos.

Clases de **problemas y ejercicios**. Complementan las clases teóricas, ya que proporcionan soltura y habilidad y ayudan a vencer el temor con que se enfrenta el alumno cuando tiene que aplicar sus conocimientos teóricos. Su función será adiestrar al alumno en la utilización de los conocimientos adquiridos anteriormente a la resolución de ejercicios prácticos.

Clases **prácticas** (aula de ordenadores, talleres, ...). Las prácticas cubren una fracción importante de las exigencias docentes. Deben desarrollarse paralelas a las teóricas y deben proporcionar al alumno habilidades y técnicas básicas, capacidad para diseñar su propia solución, exponiendo adecuadamente el propósito, resultado y garantías de esta, y capacidad de realización del trabajo en equipo. En definitiva, lograr que el estudiante adquiriera experiencia en identificar un problema, diseñar algoritmos que los solucionen y analizar y explicar los resultados. Es fundamental conocer el esfuerzo necesario para

realizar las prácticas y planificar el calendario para que los alumnos cuenten con los conocimientos necesarios antes de abordar las prácticas. Para evitar una sobrecarga de prácticas, es necesario evaluar todo un cuatrimestre o curso completo en conjunto. En caso contrario, se suele producir un efecto acumulativo de materias prácticas que impiden al alumno cumplir los plazos.

Seminarios y cursillos que tengan que ver con la materia pero que proporcionen un enfoque distinto, amplíen contenidos específicos o muestren experiencias empresariales, tanto a nivel profesional como de herramientas. Este método docente es un factor muy importante para tratar de involucrar a las empresas en la docencia universitaria y lograr que entren en contacto con alumnos y profesores. Como complemento a esta actividad se pueden realizar visitas a instalaciones o centros relacionados con las materias y que supongan una muestra clara para los alumnos de avances profesionales o científicos en el área.

En las últimas etapas de formación, métodos docentes como las **prácticas en empresa o en laboratorios de investigación**, son muy efectivos para dotar al alumno con capacidades futuras antes de su inserción laboral. Sin embargo, estos métodos requieren una formulación muy clara de sus objetivos, las obligaciones de las partes (alumno, universidad, empresa o laboratorio) y la evaluación de los resultados de las mismas.

Por último, una parte fundamental de las actividades de la enseñanza es la **evaluación** de resultados. Como se dijo anteriormente, toda actividad formativa debe tener objetivos medibles. En el caso de la enseñanza, es muy importante saber si los alumnos han alcanzado el nivel mínimo exigible para poder tener la capacitación en una materia.

La tarea de **evaluación** es tremendamente delicada por cuanto debe lograrse la mayor justicia posible en las calificaciones, y por ello es difícil, si no se unen a las buenas intenciones del profesor, un conjunto de técnicas apropiadas. Por su importancia le dedicamos la sección siguiente.

Lograr la situación óptima en cualquier actividad de enseñanza supone, en nuestra opinión, hacer una *mezcla equilibrada de todas las actividades anteriores*.

1.3. Métodos de evaluación

El ideal pedagógico en este aspecto sería que el profesor conociera personalmente a cada alumno y hacia eso habría que tender. Eso se puede conseguir con grupos muy reducidos (máximo 25 alumnos). En cualquier caso, en la evaluación es fundamental evaluar todo el esfuerzo del alumno y se deben buscar métodos de evaluación que así lo permitan, aunque haya muchos alumnos. El método tradicional de evaluación en Ingeniería ha consistido habitualmente en dos aspectos: realización de prácticas obligatorias y poco valoradas y examen final teórico-práctico para evaluar conocimientos. Este esquema no valora adecuadamente el esfuerzo del alumno, sino solo la consecución de resultados.

La **evaluación continua** se presenta como una buena aproximación para evaluar este esfuerzo mediante pruebas parciales por temas, test, resolución controlada de problemas, trabajos prácticos, etc. Algunas formas de evaluación que se pueden contemplar en este esquema son:

- Pruebas teóricas: Conocimientos de conceptos de la asignatura por temas o grupos de temas. Pueden incluir preguntas, cuestionarios, tests, etc.
- Resolución de problemas: Capacidad de resolver casos prácticos concretos y cortos. Necesitan actividad previa similar en clase.
- Pruebas prácticas: Realización de proyectos de la asignatura. Se pueden hacer conjuntas para fomentar trabajo en equipo.
- Trabajos sobre aspectos concretos de la asignatura.

En cualquier caso, todo proceso de evaluación debe tener unas reglas claras para los alumnos, a ser posible expresadas en una fórmula o diagrama que les permita también a ellos conocer su estado en la asignatura. En estos esquemas de evaluación hay que dejar margen de mejora para aquellos alumnos que quieran hacer más actividades o ampliar sus conocimientos mediante trabajos voluntarios, actividades de ayuda o mejora de calidad de la docencia, etc.

¡Cuidado con el esfuerzo! Es importante evaluar el coste en recursos humanos de estas técnicas de evaluación antes de ponerlas en práctica. Una mala aplicación sería desastrosa.

2. El nuevo entorno de Bolonia

El Acuerdo de Bolonia, logrado en 1999 [2] por los Ministros de Educación de la Unión Europea en la citada ciudad, plantea lograr un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) a través de dos elementos fundamentales:

- Un sistema europeo de transferencia de créditos. Se basa en el crédito ECTS: unidad que representa la cantidad de trabajo total del estudiante. Esta unidad debe estar en la franja de 25-30 horas de esfuerzo por crédito.
- Un suplemento europeo al título. Define un modelo de información unificado, personalizado para el titulado universitario.

El objetivo de este acuerdo es hacer comprensibles y comparables los títulos universitarios en Europa de forma que se fomente la movilidad entre los países de la UE y se reconozcan las titulaciones si ningún problema. Se definía un plazo de 10 años para lograrlo.

2.1. Situación actual de los estudios

A raíz de este acuerdo cada país empezó un proceso de adaptación que ha llevado a situaciones dispares [15]. La importancia de la educación para cada país impidió tener una directiva europea clara respecto a estructura de estudios, habiendo solo acuerdo en tener estudios de 3 ciclos:

- Grado
- Master
- Doctorado

Poco más se ha conseguido, por lo que un grupo de países ha elegido estructuras de 3 años para el grado y 2 para el master y otros (entre los que está España) han elegido 4 para el grado y 2 para el master [3]. En lo que sí parece haber más consenso es en la realización del doctorado, que sigue realizándose de la forma tradicional.

Entre otras razones la convergencia no se ha logrado por:

- Falta de directivas europeas concretas.
- Mezclar la situación política y profesional de cada país con la educación
- Idiosincrasia de los países.
- Presión profesional donde hay atribuciones (España, por ejemplo).

En España, los sucesivos ministerios de educación de los 8 últimos años han ido cambiando su posición respecto a este tema, hasta llegar a la situación expresada en los últimos decretos:

- Grado: 4 años con 240 créditos ECTS repartidos en cursos de 60 créditos. Obligatorio PFC de 30 créditos.
- Master: 60, 90 o 120 créditos ECTS.
- Doctorado: realización de tesis doctoral después de tener un master compatible con el doctorado.

La Figura 1 muestra posibles recorridos curriculares en el EEES para acceder a un título. Con este esquema se pueden conseguir títulos de grado y master en 4 + 1 y 4 + (1) + 1. A resaltar la posibilidad de acceder a un master sin haber terminado el título de grado cuando se hayan cursado 180 créditos del master. Esto posibilitaría un esquema encubierto de 3+2 años para los estudios.

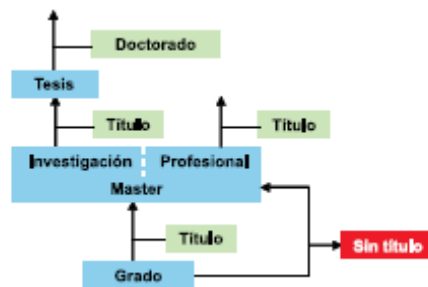


Figura 1. Recorridos de currículum posibles en el EEES.

En cuanto a posibles títulos y currículos, en España la existencia de estructura profesionales reconocidas a nivel legal (colegios profesionales) y la dotación de atribuciones profesionales por ley a algunos profesionales ha impedido, en nuestra opinión, una profunda reforma del sistema de títulos debido a la obligatoriedad de mantener lo ya existente. Eso mismo ha ocurrido en otros países europeos, por lo que en general se ha tendido a reformar lo mínimo posible para satisfacer las exigencias de la UE.

2.2. Influencia en la metodología

En general, en España, el proceso de adaptación al EEES se ha acompañado de muchos trabajos para adaptar la docencia y los métodos de evaluación a la exigencia de contar en el currículo con todo el esfuerzo del alumno y de que dicho esfuerzo deba estar medido y ser compatible con una jornada laboral estándar (40-45 horas semana). Todo ello ha contado con programas de apoyo propios de las universidades y del Ministerio de educación [4].

En la Universidad Carlos III de Madrid se ha llevado a cabo un plan piloto para adaptar el EEES toda la titulación de Ingeniería en Informática y la Ingeniería Técnica en Informática de gestión. Los métodos y resultados de estos planes se han evaluado cuidadosamente, llegando a las conclusiones siguientes:

- Es tan importante motivar al alumno como a los profesores. Si estos últimos no se involucran en el proceso, fracasará.
- Es importante prever un plan de formación para los profesores y un periodo de adaptación.
- El plan exige más dedicación personal a los alumnos y hace necesario considerar “todo” el trabajo del alumno.
- La planificación cuidadosa es fundamental. Se necesita una guía docente y cronograma detallado por materia. Pero además, hay que hacer un estimador de esfuerzo por cuatrimestre o curso. Si es excesivo, debe reconsiderarse en conjunto con los responsables de las materias.
- La planificación debe tener en cuenta el trabajo fuera del aula. A partir de los estudios, los propios alumnos han estimado una media de 1,5 horas de trabajo externo por hora de aula. La realimentación anual para confirmar estimaciones es fundamental.
- El proceso conlleva una sobrecarga docente de entre 35% y 40% para los profesores, sobrecarga que se debe recompensar de alguna forma.

En cuanto a la metodología, se han llevado a cabo distintos experimentos según los tipos de materia. De los estudios y experimentos realizados en las materias de Sistemas Operativos (y sus afines) se han podido extraer las conclusiones siguientes:

- Las clases teóricas tradicionales resultan poco atractivas para los alumnos. Las clases magistrales deben reducirse a los conceptos fundamentales y dejar espacio para el estudio propio de los alumnos.
- El uso de transparencias y el seguimiento fiel de las mismas por parte del profesor alienta el absentismo a clase. Los alumnos no ven valor añadido a lo que reciben. Los alumnos deben venir con la materia leída y preguntar sus dudas.
- Es importante realizar actividades en grupos y fomentar el debate en clase mediante el estudio crítico de casos. Esto aumenta el protagonismo y el interés de los alumnos.
- Las prácticas, casos prácticos y problemas se deben hacer en grupos reducidos (20-30 alumnos) y tener horas tutoradas por un profesor. Sin embargo, el objetivo no debe ser resolver las prácticas en clase. Esto es trabajo propio de los alumnos.
- Por último se pueden realizar actividades en grupos muy reducidos (1-5 alumnos) tales como trabajos especiales (profundización, experimentos, ...) o tutorías.

La evaluación parcial de contenidos permite a los alumnos ver su esfuerzo reflejado de forma más continua en el tiempo. Es óptima para los alumnos que participan, pero desastrosa para los que no lo hacen. Hace falta un esquema alternativo similar al tradicional para su evaluación (prácticas + examen final). Hay que tener en cuenta que por circunstancias laborales, un cierto porcentaje de alumnos no puede acudir a clase.

3. Currículum de ACM-IEEE

Los currículos de la ACM y el IEEE siempre han sido un referente mundial en cuanto a las materias a enseñar en las titulaciones de Informática. En el año 1991 publicaron un currículo conjunto y unificado [5] en el que se pedía para Operating Systems un mínimo de 6 horas, existiendo intensificaciones alternativas.

Dados los rápidos cambios tecnológicos y de la área de la Informática, durante el otoño de 1998 se formó un comité conjunto de la IEEE-ACM con la finalidad de crear una nueva recomendación para los planes de estudio de Informática que revisara y pusiera al día la propuesta de 1991. El informe

Computing Curricula 2001: Computer Science [5] se publicó en diciembre de 2001.

3.1. Objetivos educativos de un Ingeniero en Informática

Como parte del trabajo realizado, se reconocen que para formar un Ingeniero en Informática, se deben satisfacer los siguientes objetivos educativos generales:

- Proporcionar una enseñanza científica/técnica fundamental
- Desarrollar la imaginación, creatividad, habilidad, sentido realista y espíritu investigador
- Dotar con “competencias profesionales”
- Formación completa: técnica, profesional, investigación, personal, etc.
- Fomentar la capacidad para relacionar conceptos y problemas.
- Establecer una base suficiente para el estudio de otras materias más especializadas.

Como se puede apreciar, es difícil satisfacer unos objetivos tan generales en un campo tan amplio como el que nos atañe.

Los miembros del comité observaron que la informática había crecido mucho y en diversas líneas, de modo que no parecía viable producir un único informe. Por tanto una estructura más razonable consistía en producir una propuesta curricular para cada disciplina identificada. A continuación se describen brevemente cuáles y sus características principales

3.2. Titulaciones (perfiles) propuestas

Las comisiones de elaboración del currículo identificaron inicialmente cuatro disciplinas:

- Ingeniería de computadores (*computer engineering*),
- Ciencia de la computación (*computer science*),
- Sistemas de información (*information systems*) e
- Ingeniería del software (*software engineering*).

Estos cuatro perfiles constituyen las grandes ramas actuales de la Ingeniería en Informática. Aún así, ya anticipaban la aparición de nuevas disciplinas y en el último informe apareció uno

nuevo sobre tecnologías de la información (information technology). En la Figura 2 se muestra la estructura curricular propuesta.

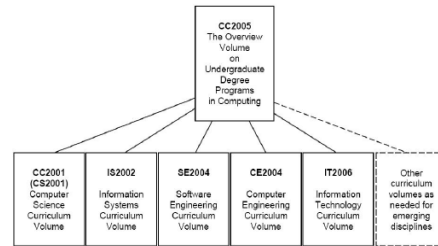


Figura 2. Estructura curricular propuesta por ACM-IEEE

Como se puede ver, la estructura básica de la propuesta debe permitir la aparición de nuevos programas.

La organización de los currículos se hace en base a áreas de conocimiento y unidades docentes, definiendo en todos los perfiles los mínimos necesarios exigidos para cada perfil. A continuación estudiamos los requisitos en cada uno de los perfiles para las asignaturas del campo de Sistemas Operativos.

Ingeniería de computadores

Perfil: diseño y construcción de computadores y de sistemas basados en ellos.

Estudio de: Hardware, software y comunicaciones y de las interacciones entre ellos.

Sistemas operativos: 20 horas. Distribuidas según la tabla siguiente:

Temas:	Horas:
Historia e introducción	1
Principios de diseño	5
Concurrencia	6
Planificación y activación	3
Gestión de memoria	5

Tabla 1. Temas de sistemas operativos en IC

Ciencias de la computación

Perfil: Diseño e implementación de software + nuevas formas de utilizar los computadores y resolver problemas de computación.

Sistemas Operativos: 18 horas. Distribuidas según la tabla 2.

Temas:	Horas:
Introducción a los sistemas operativos	2

Principios de sistemas operativos	2
Concurrencia	6
Planificación y activación	3
Gestión de memoria	5

Tabla 2. Temas de sistemas operativos en CC

Es interesante observar que la carga de sistemas operativos es casi equivalente en IC y en CC. Sin embargo, en la primera se hace más énfasis en el diseño.

Ingeniera del software

Perfil: Desarrollo y mantenimiento de sistemas software de forma fiable y eficiente.

Sistemas Operativos: 15 horas. Se incluyen dentro de un módulo de fundamentos de computación básica (es muy grande). Se pueden distribuir según la tabla 3.

Temas:	Horas:
Historia	1
Concurrencia + procesos	6
Sistemas de ficheros	4
Interacción con ejecución de sistemas	4

Tabla 3. Temas de sistemas operativos en IS

Sistemas de información

Perfil: Integración de las soluciones de la tecnología de la información y los procesos de negocio.

Programa dividido en unidades fundamentales de 40 horas. Sistemas Operativos insertos en el módulo "Tecnología de la información: Hardware y software".

Hay claramente dos temas relacionados con el contenido de sistemas operativos:

- Plataformas tecnológicas: 14 horas
- Administración y mantenimiento de sistemas: 11 horas

Con lo cual se podrían dedicar entre 15 y 20 horas a contenidos de sistemas operativos. Conviene destacar que aparece explícitamente la administración de sistemas.

Tecnologías de la información

Propuesta de nueva creación. Objetivo: Combinación precisa de conocimiento y experiencia práctica para:

- Cuidar de la infraestructura tecnológica que trata con la información del negocio
- Ser capaz de organizar a la gente que utiliza dicha infraestructura

Sistemas operativos: 10 horas. Todavía no se ofrece distribución en horas de los mismos. Además existe un tema fundamental de infraestructuras de computación

Además de una descripción de cada currículum, se ofrece en la propuesta una tabla con pesos mínimos y máximos (en una escala de 1 a 5) y contenidos de las materias fundamentales. La tabla 4 muestra dicha distribución de pesos relativos que están relacionados con la materia de sistemas operativos.

Área	IC	CC	SI	TI	IS
Principios y diseño de sist. Operativos	2 5	3 5	1 1	1 2	3 4
Configuración y uso de sist. Operativos	2 3	2 4	2 3	3 5	2 4
Administración de sistemas	1 2	1 1	1 3	3 5	1 2
Ingeniería de sist. de computadores	5 5	1 2	0 0	0 0	2 3

Tabla 4. Pesos relativos de materias fundamentales en ACM-IEEE

3.3. Conclusiones

Aunque es difícil trasladar horas directamente a créditos de los currículos españoles, si es posible ver las tendencias. En todos los casos se puede observar que los sistemas operativos son materias fundamentales en los currículos diseñados, aunque con un número de horas variable.

Es muy interesante la definición de varios currículos de grado por la extensión del campo. No se toma la decisión de dejar estos conocimientos para el master.

También es muy acertado, en nuestra opinión, la definición de una parte básica común a todos los currículos para poder hacer más combinaciones con otros conocimientos o para asimilar fácilmente nuevas tendencias.

Una conclusión también importante de los informes es la necesidad de hacer el campo de conocimiento (relativamente árido) más atractivo para los alumnos.

4. Libro blanco de Ingeniería en Informática

En el verano de 2003 la ANECA realizó la primera convocatoria de ayudas para el diseño de planes de estudio y títulos de grado dentro de su programa de convergencia europea con el objetivo de impulsar en las universidades españolas la realización de estudios y supuestos prácticos para el diseño de planes de estudio y de títulos oficiales de grado adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior. Para ello solicitó propuestas de proyectos de elaboración de Libros Blancos de titulación. Como resultado del mencionado proyecto, en el año 2004 se publicó el Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería Informática [7].

El libro blanco supone una aportación fundamental para la estructuración de los estudios de Informática universitarios en España, ya que propone aspectos fundamentales de los mismos:

- Estructura de titulación. Títulos en dos ciclos: Grado y Máster.
- Título de grado con la denominación de Ingeniero en Informática, de carácter generalista.
- Estudios de grado de 240 créditos ECTS organizados en cuatro cursos académicos.
- Realización de un Proyecto de Fin de Carrera.
- Contenidos formativos comunes de la titulación (la troncalidad): 60%.

Se definen además tres perfiles posibles para especializar el currículo:

- Desarrollo de Software,
- Sistemas
- Gestión y Explotación de Tecnologías de la Información

La propuesta clasifica los contenidos formativos comunes en cuatro tipos:

- Fundamentos científicos,
- Contenidos generales de la ingeniería,
- Contenidos específicos de la ingeniería informática,
- Proyecto fin de carrera.

Y les asigna porcentajes mínimos y máximos de créditos, como se muestra en la figura 3. Con todo se deja un 40% sin definir para incluir especialidades, contenidos específicos de la universidad, etc.



Figura 3. Contenidos formativos comunes y distribución de los mismos

Se describen además los contenidos básicos de subconjuntos y se asigna créditos a los mismos, según se puede ver en la tabla 5, donde se muestran los específicos.

Materia	Créditos
Programación	24
Ingeniería del Software, Sistemas de Información y Sistemas Inteligentes	24
Sistemas Operativos, Sistemas Distribuidos y Redes	24
Ingeniería de Computadores	24

Tabla 5. Distribución de materias específicas en el libro blanco

Como se puede ver, hay un mínimo de 24 ECTS asignados a Sistemas Operativos, Sistemas Distribuidos y Redes.

5. Sistemas operativos en la Ingeniería Informática: Propuesta de contenidos y técnicas

Los sistemas operativos comenzaron a aparecer a finales de la década de los 50 y desde entonces han constituido un componente básico de todo sistema informático. Poco tiempo después empezaron a incluirse en los estudios de informática y desde entonces en prácticamente todos los planes de estudios nacionales e internacionales aparece como materia troncal, siendo esencial en los estudios de informática. Haciendo una revisión de los planes de estudio y propuestas de currículum de carácter

internacional, podemos observar que ya en el currículum de ACM de 1968 aparecen los sistemas operativos como materia troncal.

Con el paso de los años, esta importancia se ha ido acentuando dado que los sistemas operativos proporcionan la visión del sistema de la mayoría de los usuarios de un sistema de computación y que, en mayor o menor medida, todos los usuarios interfieren con el sistema operativo.

Además, su ámbito ha ido ampliándose hasta comprender prácticamente todo aquello que está entre el hardware y la visión de los programadores:

- Proporcionar una máquina virtual ampliada.
- Control y gestión de los programas y recursos
- Comunicaciones internas y externas
- Incremento de prestaciones: mecanismos, evaluación y configuración de sistemas, ...

Por otra parte, cada vez hay más imbricación con los niveles inferiores y superiores del sistema, debido a aplicaciones multimedia, empotradas, tiempo real, paralelas, E/S, etc. Además, la extensión de máquinas virtuales (como Java) que se ven a nivel de programador hace muy necesarios los conocimientos básicos de sistemas operativos y su efecto sobre el rendimiento.

5.1. Propuesta de contenidos

Tras lo visto en las secciones anteriores, no parece posible definir todos los contenidos de sistemas operativos en una única asignatura. Por ello, nos parece más adecuado seguir el ejemplo del currículum de ACM-IEEE y definir varios itinerarios.

Además, para definir contenidos es importante ver las asignaturas que ya existen en los planes de estudio y cómo se relacionan entre sí. Cuando se hace esto se descubren 3 asignaturas relacionadas claramente con la materia de sistemas operativos:

- Sistemas operativos
- Diseño de sistemas operativos
- Administración de sistemas operativos

Igualmente se puede pensar en otras asignaturas relacionadas, como sistemas distribuidos, sistemas de tiempo real, sistemas tolerantes a fallos, etc. La figura 4 muestra una posible imbricación en el plan de estudios de las tres asignaturas fundamentales.

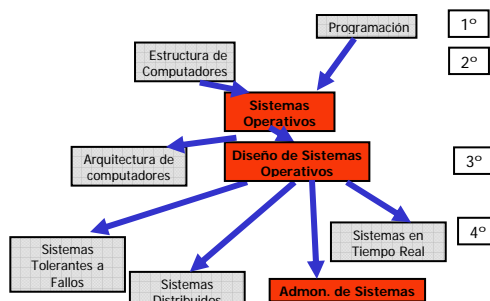


Figura 4. Relación de materias de sistemas operativos

Por tanto, en base a estas tres asignaturas fundamentales y los perfiles de ACM-IEEE, planteamos definir hasta 5 posibles itinerarios, como se muestra en la tabla 6.

Itinerario	Asignaturas	Créditos
1	Conceptos elementales de SO	6
2	Conceptos de SO	9
3	Conceptos SO + Diseño de SO	6+6
4	Conceptos SO + Diseño de SO + Administración de SO	6+6+6
5	Conceptos SO + Administración de SO	6 + 6

Tabla 6. Itinerarios posibles para sistemas operativos

Estos itinerarios deberían adaptarse a las titulaciones existentes y sus intensificaciones. Para las tres intensificaciones propuestas en el libro blanco, se podría plantear lo siguiente:

- Desarrollo de Software. Itinerario 3.
- Sistemas. Itinerario 4.
- Gestión y Explotación de Tecnologías de la Información. Itinerario 5.

Los itinerarios 1 y 2 son contenidos básicos que se ajustarían a ingeniería del software y a sistemas de información respectivamente.

A continuación se describe cada una de las 4 asignaturas.

5.2. Conceptos elementales de Sistemas Operativos

Esta asignatura define el nivel mínimo de conocimientos de sistemas operativos que debe

tener un alumno que estudie algún perfil relacionado con la informática. Entre sus objetivos se cuentan:

- Mostrar al alumno la organización y servicios del sistema operativo como máquina ampliada.
- Presentar principalmente la visión externa del sistema.
- Permitir al alumno comprender los conceptos de S.O.: procesos, memoria, concurrencia, planificación, archivos y directorios, ...
- Mostrar cómo se relacionan los elementos principales del sistema con el resto de componentes de un sistema informático.
- Hacer que el alumno comprenda el efecto del sistema operativo sobre el resto del sistema.

Esta asignatura tendría una asignación de 6 créditos ECTS, repartidos en 3 créditos de teoría y 3 créditos prácticos y se impartiría en segundo curso, segundo cuatrimestre.

Los contenidos de esta asignatura incluyen: organización, estructura y servicios de los sistemas operativos; procesos y *threads*; conceptos de gestión de memoria; comunicación y sincronización entre procesos; conceptos de Entrada / Salida y sistemas de ficheros. Todos ellos haciendo énfasis en los conceptos fundamentales.

Como se ha indicado anteriormente, es importante tener una bibliografía básica a la cual pueda acudir el alumno. Los autores recomiendan el libro de J. Carretero, F. García, P. De Miguel y F. Pérez. *Sistemas Operativos: una visión aplicada*. 2 ed. McGraw-Hill. 2007. En cuanto a bibliografía complementaria, se sugieren los siguientes textos:

- Silberschatz, P. Galvin. *Conceptos de Sistemas Operativos*. Prentice Hall. 7ª ed. 2006.
- Tanenbaum. *Sistemas Operativos: diseño e implementación*. Prentice Hall. 3ª ed. 2006.
- W. Stallings. *Sistemas Operativos*. Prentice Hall. 5ª ed. 2005.

Como material de problemas y clases de ejercicios, se sugiere usar el libro de J. Carretero y otros, *Problemas de Sistemas Operativos*. UPM. 9ª ed. 2000.

A continuación, se sugiere una distribución temática de los contenidos descritos. Y su duración en horas. Este ejemplo solo se hará para esta asignatura.

Tema 1: Historia y evolución de los SSOO.

Objetivos: adquirir una visión global del sistema operativo; presentar conceptos básicos de servicios, así como ejemplos con UNIX y Windows.

Contenidos: ¿Qué es el S.O.?: M.V., gestor de recursos, ...; Conceptos básicos: procesos, memoria, ...; Estudio de casos: UNIX y Windows NT;

Duración: 2 horas.

Bibliografía básica: J. Carretero. Capítulo 2.

Tema 2: Organización, estructura y servicios de los sistemas operativos.

Objetivos: analizar las distintas visiones del S.O.: interna y externa; mostrar el concepto de llamada al sistema; presentar la interfaz POSIX y s los comandos del sistema.

Contenido: servicios del S.O.; tipos de servicios; llamadas al sistema.: concepto y realización; API: POSIX, Win32, ...; interfaz con el usuario: programas del sistema; intérprete de mandatos en UNIX

Duración: 4 horas.

Bibliografía básica: J. Carretero. Capítulo 2.

Tema 3. Procesos y threads.

Objetivos: introducir los conceptos de proceso y de proceso ligero (*thread*); mostrar los conceptos básicos de activación y planificación de procesos; mostrar los servicios POSIX para procesos y *threads*; introducir los conceptos de concurrencia.

Contenidos: conceptos de proceso y *thread*. Estado, operaciones, ...; activación y planificación de procesos.; entorno de un proceso.; señales; servicios POSIX para gestión de procesos y *threads*.

Duración: 8 horas.

Bibliografía básica: J. Carretero. Capítulo 3.

Tema 4: Comunicación y sincronización entre procesos.

Objetivos: presentar los problemas de la ejecución concurrente de procesos, así como para su sincronización y comunicación; introducir los mecanismos de comunicación y sincronización.

Contenidos: procesos concurrentes: tipos e interacciones; el problema de la sección crítica; problemas clásicos de comunicación y sincronización: lectores/escritores, productor /consumidor, etc.; mecanismos de comunicación y sincronización; servicios POSIX.

Duración: 6 horas.

Bibliografía básica: J. Carretero. Capítulo 5.

Tema 5: Gestión de memoria.

Objetivos: presentar los aspectos básicos de gestión de memoria; mostrar el mapa de memoria de un proceso; presentar los servicios POSIX para gestión de memoria.

Contenidos: funciones de la gestión de memoria; mapa de memoria de un proceso; conceptos básicos de memoria virtual y memoria compartida; servicios POSIX para gestión de memoria.

Duración: 4 horas.

Bibliografía básica: J. Carretero. Capítulo 4.

Tema 6: E/S y sistemas de ficheros.

Objetivos: presentar los conceptos básicos de E/S y funciones del S.O; introducir conceptos del sistema de ficheros y directorios; presentar servicios POSIX para gestión de ficheros.

Contenidos: conceptos básicos de E/S; conceptos de sistema de ficheros y directorios; construcción del S.F; seguridad y protección; servicios POSIX para gestión de ficheros y directorios

Duración: 6 horas.

Bibliografía básica: J. Carretero. Capítulos 7 y 8.

Respecto a las **prácticas**, en la tabla 7 se sugieren varias posibles, así como su duración horaria para que se ajuste a los 3 créditos ECTS propuestos.

Práctica	Horas
Guiones de mandatos.	4
Intérprete de mandatos: minishell	16
Comunicación y sincronización	5
Implementación de mandatos con archivos y directorios: cp, cat, ls, ...	5

Tabla 7. Prácticas recomendadas para la asignatura

5.3. Conceptos de Sistemas Operativos

Esta asignatura define el nivel adecuado de conocimientos de sistemas operativos que debe tener un alumno que estudie algún perfil relacionado con la informática y que solo curse una materia de este tipo. Entre sus objetivos se cuentan: mostrar al alumno la organización, estructura y servicios del sistema operativo; presentar principalmente la visión externa e interna del sistema; permitir al alumno comprender en detalle los conceptos de SS.OO.:

procesos, memoria, concurrencia, planificación, E/S, ...; mostrar cómo se gestionan los elementos principales del sistema y cómo se relacionan entre sí; mostrar aspectos de seguridad en el sistema operativo.

Esta asignatura tendría una asignación de 9 créditos ECTS, repartidos en 4,5 créditos de teoría y 4,5 créditos prácticos y se impartiría en segundo curso, segundo cuatrimestre.

Los contenidos de esta asignatura incluyen: organización, estructura y servicios de los sistemas operativos; procesos y threads; gestión de memoria; comunicación y sincronización entre procesos; entrada / salida; sistemas de ficheros; seguridad en el SO.

Bibliografía básica:

J. Carretero, F. García, P. De Miguel y F. Pérez. *Sistemas Operativos: una visión aplicada*. 2 ed. McGraw-Hill. 2007.

Bibliografía complementaria:

A. Silberschatz, P. Galvin. *Conceptos de Sistemas Operativos*. Prentice Hall. 7ª ed. 2006.

A. Tanenbaum. *Sistemas Operativos: diseño e implementación*. Prentice Hall. 3ª ed. 2006.

W. Stallings. *Sistemas Operativos*. Prentice Hall. 5ª ed. 2005.

Bibliografía para problemas y ejercicios.

J. Carretero y otros, *Problemas de Sistemas Operativos*. UPM. 9ª ed. 2000.

Los contenidos teóricos de la asignatura se pueden distribuir en temas según se indica en la tabla 8. Como se puede ver son similares a la asignatura anterior, pero se hace más énfasis en gestión de memoria y sistemas de ficheros (seguridad), además de profundizar más en los temas.

TEMA	Duración
1. Historia y evolución de los sistemas operativos	2
2. Organización, estructura y servicios de los sistemas operativos.	6
3. Procesos y threads	12
4. Comunicación y sincronización entre procesos	8
5. Gestión de memoria	7
6. E/S y sistemas de ficheros	10
TOTAL	45

Tabla 8. Temas propuestos para la asignatura

En la tabla 9 se relacionan las prácticas recomendadas para la asignatura.

Práctica	Horas
Guiones de mandatos.	6
Intérprete de mandatos: minishell	16
Comunicación y sincronización	8
Gestión de memoria	6
Gestión de archivos y directorios	9

Tabla 9. Prácticas recomendadas para la asignatura

5.4. Diseño de Sistemas Operativos

Como se muestra en la figura 3, esta asignatura se plantea como continuación de las que se han expuesto anteriormente. Sus objetivos son continuación de los de las anteriores, pero en este caso se pasa de la vista externa del sistema (usuario) a la interna (diseñador, programador de sistemas). Entre estos objetivos se cuentan: mostrar al alumno la organización, estructura y servicios del sistema operativo; presentar en detalle la visión interna del sistema, organización y estructuras; permitir al alumno comprender en detalle los conceptos de diseño de los elementos del S.O.; mostrar la implementación interna de los mecanismos y el efecto de las decisiones de diseño; mostrar cómo se gestionan los elementos principales del sistema y cómo se relacionan entre sí dentro del sistema operativo.

Esta asignatura tendría una asignación de 6 créditos ECTS, repartidos en 3 créditos de teoría y 3 créditos prácticos y se impartiría en tercer curso, primer cuatrimestre.

Los contenidos de esta asignatura incluyen: organización, estructura y servicios de los sistemas operativos; procesos y threads; gestión de memoria; comunicación y sincronización entre procesos; entrada / salida; sistemas de ficheros; seguridad en el S.O.

Bibliografía básica:

J. Carretero, F. García, P. De Miguel y F. Pérez. *Sistemas Operativos: una visión aplicada*. 2 ed. McGraw-Hill. 2007.

S. Leffler, M. McKusick, M. Karels y J. Quarterman, *The Design and implementation of 4.3 BSD UNIX Operating System*, Addison-Wesley, 1989.

Bibliografía complementaria:

A. Silberschatz, P. Galvin. *Conceptos de Sistemas Operativos*. Prentice Hall. 7ª ed. 2006.

A. Tanenbaum. *Sistemas Operativos: diseño e implementación*. Prentice Hall. 3ª ed. 2006.

W. Stallings. *Sistemas Operativos*. Prentice Hall. 5ª ed. 2005.

J. Bach Maurice, *The Design of the Unix Operating System*, Prentice Hall.

La tabla 10 muestra los temas propuestos para la asignatura y su distribución horaria.

TEMA	Duración
1. Organización interna de un sistema operativos.	5
3. Procesos y threads	4
4. Comunicación y sincronización entre procesos	2
5. Planificación de procesos	3
5. Diseño de sistemas de gestión de memoria	6
6. Sistemas de E/S y sistemas de ficheros	8
7. Mecanismos de seguridad	2
TOTAL	30

Tabla 9. Temas propuestos para la asignatura diseño de sistemas operativos

Entre las prácticas posibles que se pueden realizar en esta asignatura, se describen algunas:

- Compilación y configuración de un kernel de Linux
- Construcción de un módulo de carga dinámica
- Implementación de una llamada al sistema
- Planificación de procesos en un SO
- Modificación del sistema de gestión de memoria
- Creación de un sistema de archivos: mkfs.

La duración en horas de cada una dependería de aspectos como la complejidad de las prácticas, el entorno de desarrollo, el material proporcionado a los alumnos, etc.

Para este tipo de asignaturas es importante usar entornos realistas, por lo que se recomienda usar máquinas virtuales como Xen o VMware para que los alumnos tengan acceso a todos los recursos del sistema virtual como superusuarios.

5.5. Administración de sistemas operativos

Esta asignatura se impartiría siempre detrás de las de conceptos y, según el itinerario elegido, detrás de la de diseño.

Entre sus objetivos se incluyen conocer los aspectos principales de la administración de sistemas, utilizar técnicas y herramientas de administración de sistemas operativos, ser capaz de instalar y gestionar sistemas operativos en red. Conocer los parámetros de los sistemas y ser capaz de monitorizar y ajustar un sistema operativo y conocer las técnicas para dotar de fiabilidad al sistema.

Se propone una asignatura de 6 créditos ECTS, de los que 2 son de teoría y 4 de prácticas. Se podría impartir en tercer curso segundo cuatrimestre o en el primer cuatrimestre del segundo curso.

El contenido de esta asignatura puede variar según la elección de la tecnología, pero los conocimientos fundamentales deben incluir el arranque y parada del sistema, la gestión de usuarios y recursos, la gestión de almacenamiento, la instalación de programas y dispositivos, la gestión de comunicaciones, directorios distribuidos, sistemas de archivos en red, la instalación de servidores (correo, web, aplicaciones,...) y la gestión de copias de seguridad. También puede incluir aspectos como la planificación de desastres.

La bibliografía básica que se propone es la siguiente:

- AELEEN FRISCH. Essential System Administration, 3rd Edition. O'Reilly & Associates, Inc. 2002.
- GÓMEZ, J.- PADILLA, N.- GIL, J.A. Administración De Sistemas Operativos Windows Y Linux. Un Enfoque Práctico. (Editorial Ra-ma).

La bibliografía complementaria propuesta es la siguiente:

- EVI NEMETH et all. Unix System Administration Handbook", 3rd Edition. Prentice-Hall, 2001.
- Linux Network Administrator's Guide (version 2), Linux Documentation Project, 2002.
- Stanek, William R. Microsoft Windows Server 2003 : Manual Del Administrador

Mcgraw-Hill / Interamericana De España, S.A. – 2003

En la tabla 10 se muestra la estructuración temática propuesta para esta asignatura. Como se ve es muy general, ya que los temas a tratar son demasiados para especificarlos en un temario desglosado. Además, los 2 créditos de teoría un temario muy detallado.

TEMA	Duración
1. Conceptos básicos de administración de sistemas	2
2. Administración de un sistema operativo Linux	8
3. Administración de un sistema operativo Windows	6
4. Administración de sistemas en red	4
TOTAL	20

Tabla 10. Temario de Administración de sistemas operativos

Entre las prácticas posibles que se pueden realizar en esta asignatura, se describen algunas:

- Instalación dual Linux y Windows
- Gestión de Usuarios en Linux
- Instalación de aplicaciones en Linux: manual y modular
- Instalación de un dominio Windows
- Gestión de copias de seguridad
- Monitorización del sistema
- Instalación de una red

Al igual que en diseño, la duración en horas de cada una dependería de aspectos como la complejidad de las prácticas o el material proporcionado a los alumnos, etc. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la carga de la asignatura es fundamentalmente práctica.

Para este tipo de asignaturas es importante usar entornos realistas, por lo que se recomienda usar máquinas virtuales como Xen o VMware para que los alumnos tengan acceso a todos los recursos del sistema virtual como superusuarios.

6. Método docente

Para llevar a cabo un buen desarrollo del método pedagógico el profesor empleará la técnica de enseñanza buscando la manera más eficaz de

utilizar los recursos didácticos para lograr el aprendizaje del estudiante.

Los métodos docentes que se describen para la asignatura se basan en los métodos ya utilizados de forma efectiva en el área de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad Carlos III de Madrid. Dichos métodos buscan como objetivo principal que el alumno aprenda y adquiera una serie de habilidades, y no solo asegurarse de enseñar un cierto temario. Por tanto, es necesario adaptar cada elemento de los métodos docentes al perfil particular del grupo de alumnos del curso en el que se aplique. Otra experiencia de adaptación se puede ver en [13].

En cuanto a las actividades docentes, los autores propugnan las clases teóricas en pizarra, donde se discute sobre temario ya leído por los alumnos. Se desaconseja el uso de transparencias. La entrega de ejercicios de problemas semanales a los alumnos reforzará su hábito de trabajo y la necesidad de estar al día en sus conocimientos. Las prácticas de laboratorio deben tener clases tutoradas por un profesor que pueda ayudar en la resolución de dudas del alumno. Su contenido, esfuerzo necesario y calendario deben estar perfectamente planificados. La planificación debe extenderse globalmente al curso o cuatrimestre. Las tutorías son fundamentales para la atención personalizada, por lo que el cumplimiento estricto de los horarios planificados es fundamental. Se puede estimular a aquellos alumnos que más estén interesados en la materia creando grupos de trabajo especiales que profundicen en algún aspecto de la misma [14].

Los autores, siguiendo su propia experiencia, no recomiendan el uso de transparencias como mero expositivo de los materiales en clase. Su uso distrae a los alumnos, que solo ponen atención en las mismas. Si se proporcionan por adelantado, y no se amplían en clase, los alumnos ven poco valor añadido en la tarea del profesor y tienden a no asistir a clase. Es mucho mejor hacer clases de pizarra, aunque se necesita mucha mayor preparación de las mismas.

6.1. La evaluación

La evaluación tiene como misión conocer el grado de cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, siendo uno de los factores más importantes en el

proceso educativo. La evaluación sirve tanto al alumno como al profesor.

En cuanto a la evaluación del alumno, es necesario tener en cuenta todo su trabajo y diseñar un esquema de evaluación continua. Dentro de este esquema se recomienda hacer exámenes parciales cada 2 temas, que pueden constar de preguntas cortas, test o problemas cortos. La materia evaluada debe ser liberada por el alumno para que aprecie los resultados. La evaluación de las prácticas se llevará a cabo mediante su corrección por el profesor y la presentación por los alumnos. Además, se debe realizar un examen final escrito que cubra la materia no aprobada en evaluación parcial. Para los que hayan aprobado la evaluación parcial, el examen final se sustituiría por una prueba de validación de contenidos.

Es fundamental crear un grupo de calidad por clase formado por 3 alumnos voluntarios. Dicho grupo de calidad servirá para conocer en “tiempo real” el nivel de satisfacción de los alumnos, sus sugerencias, etc. Conviene realizar actas de las reuniones de este grupo. Además, si hay mejoras propuestas que sean factibles, se debe establecer un plan de implementación. Por último, los grupos de calidad aumentan la implicación de los alumnos en las actividades docentes.

La actividad del profesor debe también ser medida. Para ello se sugieren cuatro indicadores: hojas de firma de control de asistencia, encuestas realizadas a los alumnos, dirección de trabajos de alumnos, resultados académicos de sus cursos y dirección de proyectos de fin de carrera. También es importante que el profesor se involucre en actividades de innovación docente o de mejora de la calidad del método docente.

6.2. El material docente

La primera documentación que se debería proporcionar a los alumnos es una **presentación de la asignatura**. Dicha presentación debe de incluir los objetivos docentes, el programa de la asignatura, los criterios de evaluación, la bibliografía básica, los profesores y tutorías, la indicación del material docente que se vaya a utilizar en la asignatura, etc. . Esta presentación de la asignatura ofrece una **ficha técnica** de la misma, y para los alumnos puede ser vista como un contrato virtual que se establece entre los profesores de la asignatura y los alumnos que

ambos han de suscribir. Adjunto a la ficha técnica debe ir un cronograma con la planificación detallada del curso. De esta forma, el alumno se puede hacer una idea clara del desarrollo de la asignatura.

La bibliografía es el pilar fundamental del material docente que los alumnos han de poder usar para seguir el normal curso de la asignatura. Es recomendable seguir estas pautas a la hora de seleccionar la bibliografía. Para la teoría:

- Si se trata de una asignatura de los primeros cursos de carrera es recomendable seleccionar un buen libro de teoría en castellano (o la lengua que el alumno use a diario). De esta forma se afrontan mejor varios problemas:
 - A. Se evita que el alumno maneje muchas fuentes de información cuando no está todavía habituado.
 - B. Se permite que el alumno pueda ir conociendo la terminología y conceptos que le permita entender bibliografía en otros idiomas.
- Si se trata de una asignatura de los últimos cursos, es recomendable incorporar varias fuentes de información complementarias, así como fuentes en inglés. La utilización de bibliografía en inglés presenta varias ventajas:
 - A. En diversos temas no hay documentación traducida, habitualmente en temas de tecnología avanzada (y por tanto reciente).
 - B. La mayoría de la documentación científica y docente existente está en inglés. El proceso de traducción es lento y no siempre se lleva a cabo.
 - C. En un mercado de trabajo que pasa las fronteras, el conocimiento de los términos en inglés permite aumentar la capacidad profesional.

Para las clases de problemas:

- Se ha de apoyar en un buen libro de problemas o un cuaderno de problemas resueltos donde el alumno pueda disponer de ejercicios para enfrentarse por sí solo.
- El material debe corresponderse con los contenidos de la asignatura y ha de tener un

nivel de dificultad similar al usado para evaluar a los alumnos.

Para las prácticas de laboratorio, es necesario entregar a los alumnos un buen cuaderno de prácticas antes de empezar las mismas. Dicho cuaderno de prácticas ha de incluir, al menos: objetivo de la misma, enunciado, resultados esperados, forma y fecha límite de entrega y bibliografía que puede servir de apoyo. Además se les debe entregar en formato electrónico aquel material de apoyo que diseñe el profesor en caso de que las prácticas no empiecen de cero. Este material debe estar debidamente comentado.

El acceso electrónico y a distancia a los materiales se puede facilitar a través de las páginas Web de las asignaturas. El uso de herramientas interactivas disponibles en Internet, como simuladores, trazas, entornos virtuales, etc. Puede ser también un buen complemento a las actividades suplentes, aunque no se pueda prescindir de la figura del profesor. En las páginas Web se puede encontrar simuladores y recursos para los sistemas operativos Linux [8] y Windows [9]. En el centro virtual del MIT se puede acceder al Open Courseware de forma gratuita. Dentro de ellos hay un curso de sistemas operativos.

Una parte importante del material docente consiste en elegir los entornos en los que los alumnos deben realizar las **prácticas**. En Sistemas Operativos elegir un entorno de prácticas es delicado por dos razones:

- A. Es necesario que los alumnos practiquen con sistemas reales.
- B. Es necesario que tengan acceso a ejecución privilegiada en los sistemas, con todos los riesgos que ello conlleva.

Para dar respuesta a la primera razón, se pueden usar actualmente dos tipos de sistemas operativos: Linux y Windows. Ambos son los sistemas líderes en el mercado y tienen grandes diferencias en cuanto a comportamiento y trabajo sobre ellos. El primero es un esfuerzo de la comunidad de software libre y ha sido adoptado rápidamente como sucesor de UNIX por los principales fabricantes de sistemas y por la comunidad de usuarios de las universidades. Existe gran cantidad de información sobre el mismo. El segundo es propiedad de Microsoft y está más orientado hacia el uso de interfaz gráfica, lo que complica la realización de prácticas sobre el mismo. Además, el hecho de ser propietario

suele conllevar restricciones de acceso al código fuente y demás. Por último, aunque se ha hecho un gran esfuerzo, todavía hay menos documentación de este tipo de sistema. Debido a todo ello, los autores recomiendan el uso de Linux como entorno de prácticas, ya que es libre, gratuito, tiene mucha proyección mundial en sistemas y hay disponible mucho material para el mismo.

La segunda razón tiene más peso en las asignaturas de Diseño de Sistemas Operativos y de Administración de Sistemas Operativos. La necesidad de modificar recursos privilegiados del sistema conlleva dar permisos de acceso a los alumnos a los sistemas del centro de educación, con los riesgos que ello conlleva. La experiencia de los autores indica que las máquinas virtuales son una solución muy adecuada para este tipo de práctica, ya que se puede dotar a cada alumno de su propio sistema operativo, con todos los privilegios y sin riesgos de seguridad para los sistemas físicos [10].

Existen también entornos didácticos como MINIX, NACHOS o XINU, pero no son de uso real en la industria y su complejidad de uso ha ido creciendo, por lo que no aportan ventajas reales.

Para terminar, es importante usar también un buen libro o cuaderno de prácticas que sirva de referencia clara a los alumnos. En el libro [11] se describen decenas de prácticas con Linux y Windows, tanto a nivel de conceptos como de diseño.

6.3. Mejoras de calidad

Todos los aspectos anteriores deben mejorarse a medida que evolucionan en el tiempo. Para ello, es importante tener diseñado un plan de mejora de calidad que permita contrastar resultados, corregir defectos e implementar mejoras. Este plan de calidad debe incluir todos los aspectos de la docencia, incluyendo implementación y resultados de la misma. Un ejemplo de plan de mejora de calidad para una asignatura completa puede verse en [16].

En cuanto a la mejora de la eficacia, una técnica que los autores han utilizado en la Universidad Carlos III de Madrid ha sido el uso de grupos de calidad. Estos grupos son importantes para mejorar la calidad del método docente, ya que permiten al profesor conocer

instantáneamente el impacto de los métodos docentes que utiliza y su aceptación por parte de los alumnos.

Para mejorar los resultados es importante la formación del profesorado en técnicas docentes. Esto último, se está haciendo muy importante dentro del contexto de adaptación de las metodologías docente al espacio europeo de educación superior. A este respecto, la Universidad Carlos III de Madrid tiene un programa específico de formación del profesorado en el momento que se va a incorporar a un piloto para el EEES. Los autores han participado en varios cursos del mencionado programa.

En cuanto al método docente, proponemos no usar transparencias ni tener clases de “dictado”. No favorecen el aprendizaje activo ni el espíritu crítico. En su lugar recomendamos clases “con prelectura” del tema por parte de los alumnos y hacer una discusión crítica y comprensión del mismo o de aquellos aspectos que hayan resultado más dificultosos.

Otro mecanismo interesante para mejorar la calidad es hacer prácticas interdisciplinarias que pueden llegar a abarcar varias asignaturas. En sistemas operativos es relativamente sencillo, en cuanto que el sistema operativo se relaciona con muchos elementos del sistema. Así, por ejemplo, se podrían montar prácticas interdisciplinarias de estructura de computadores y sistemas operativos, arquitectura de computadores y diseño de sistemas operativos, diseño de sistemas operativos y administración de sistemas operativos, sistemas operativos y seguridad, etc. La ventaja de estas prácticas es que permiten estudiar las interacciones de distintos elementos del sistema de computación.

En cuanto a los materiales, la mejora de calidad puede incluir el control de las páginas Web de las asignaturas, que suelen quedar obsoletas, y la utilización de herramientas virtuales para la docencia.

Por último, la calidad docente necesita una evaluación exhaustiva de resultados. No sirve de nada una materia cuyos resultados son reiteradamente malos desde el punto de vista de consecución de objetivos. En ese aspecto es importante tener evaluaciones internas y externas de los resultados, con auditorías que detecten defectos e indiquen posibles mejoras. Aquella materia que no llega a mayoría de los alumnos no

sirve de nada, por mucho que el profesor piense que hace una labor excelsa.

7. Conclusiones

Los sistemas operativos son ya una materia clásica y bien asentada en la Ingeniería Informática. Sin embargo, necesitan mucha innovación debido a la constante evolución del área y a la gran influencia de nuevas arquitecturas, sistemas conectados en redes y máquinas virtuales. Debido a ello, no existe un modelo único de la materia. Según la titulación a diseñar es necesario dar mayor importancia a modelos de sistemas en red y a sistemas virtuales.

En ese aspecto, los itinerarios propuestos aquí pueden dotar al alumno con una gama de conocimientos suficientes, dentro de los cuáles se pueden indicar cinco puntos fundamentales:

- Sistema operativo como máquina virtual ampliada
- Conceptos fundamentales: procesos, memoria, ficheros,...
- Mostrar claramente la interfaz externa y su manejo
- Mostrar cómo se gestionan los elementos principales del sistema y cómo se relacionan entre sí.
- Manejo práctico con sistema operativo real

Para lograr el éxito en la docencia es muy importante usar métodos docentes atractivos [12] y hacer prácticas con casos reales o “cuasi” reales. Pero además hay que dotar al alumno con competencias transversales, capacidad de trabajo en grupo, habilidad para la planificación de esfuerzos y tareas, y con habilidades de expresión oral y escrita. Es también importante transmitir nociones de calidad del producto e inculcar la necesidad de hacer pruebas exhaustivas de resultados (la experiencia de los autores indica que el 80% de los alumnos no prueban bien sus prácticas).

Por último, en opinión de los autores, la materia de sistemas operativos debería requerir un mínimo de 12 créditos ECTS en la titulación de Ingeniería en Informática. Dado un perfil polivalente, no parece posible enseñar a los alumnos aquellos conocimientos necesarios en el desarrollo de la profesión en 6 o 9 créditos ECTS.

Referencias

- [1] Bloom, B. S. (ed.): Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain. Longman, New York, 1956.
- [2] Comisión Europea: El Espacio Europeo de la Enseñanza Superior, 1999. Declaración conjunta de los ministros europeos de educación reunidos en Bolonia el 19 de junio de 1999.
- [3] BOE: Real Decreto 55/2005, de 21 de enero, por el que se establece la estructura de las enseñanzas universitarias y se regulan los estudios universitarios oficiales de Grado, 2005. Publicado en el Boletín Oficial del Estado de 25 de enero de 2005, núm. 21, p. 2842–2846.
- [4] ANECA: El Programa de Convergencia Europea de ANECA (2003-2006). Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. Informe., Abr. 2006.
- [5] ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force: Computing Curricula 1991. IEEE Computer Society Press and ACM Press, 1991.
- [6] ACM/IEEE-Curriculum 2001 Task Force: Computing Curricula 2001, Computer Science. IEEE Computer Society Press and ACM Press, 2001.
- [7] ANECA: Libro Blanco del Título de grado en Ingeniería Informática. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, 2004.
- [8] Simuladores de sistemas operativos. <http://vip.cs.utsa.edu/simulators/>
- [9] Sysinternals. <http://www.microsoft.com/technet/sysinternals/default.msp>
- [10] J. Nieh & C. Vail, Experiences Teaching Operating Systems Using Virtual Platforms and Linux, *SIGCSE'05, ACM*, February 23–27, 2005, St. Louis, Missouri, USA.
- [11] J. Carretero, F. Garcia, F. Pérez, Prácticas de Sistemas Operativos: de la base al diseño. McGraw-Hill. 2003.
- [12] S.J. Lincke, Creating interest in operating systems via active learning, *Frontiers in Education*, 2005. FIE apos;05. Proceedings 35th Annual Conference Volume , Issue , 19-22 Oct. 2005 Page(s): S3C - 7-10.

- [13] Llopis F. Adecuación del primer curso de los estudios de informática al Espacio Europeo de Educación Superior. Ed. Marfil, 2005.
- [14] M. Díaz Fondón, Miguel Riesco Albizu, Ana Belén Martínez Prieto. Hacia el aprendizaje activo: un caso práctico en la docencia de Sistemas Operativos. Revista Novática, pp. 54-58. 2005.
- [15] E. Tovar, F. Arcega et al. Towards an European Global Higher Education Area: Its Effects in Spain. Interface (revista del IEEE). 2004.
- [16] I. PLAZA, C. MEDRANO, T. POLLÁN, Y F. ARCEGA, Mejora Continua Como Herramienta Docente En Fundamentos De Sistemas Digitales, Tecnologías aplicadas a la enseñanza de la electrónica, 2006