

# Entorno de red virtual para la realización de prácticas realistas de Administración de Sistemas Operativos y Redes de Computadores

Juan Antonio Gil Martínez-Abarca, Adolfo Albaladejo Blázquez,  
Francisco Maciá Pérez, Francisco José Mora Gimeno y Segismundo Ferrairó Pons

Departamento de Tecnología Informática y Computación  
Universidad de Alicante

03690 San Vicente del Raspeig (Alicante)

e-mail: (gil, adolfo)@eps.ua.es; (pmacia, fjmora)@dtic.ua.es; segis@apdo.com

## Resumen

La docencia práctica relacionada con las asignaturas de administración de sistemas operativos, redes y servicios de Internet, está limitada por la disponibilidad e integridad de los equipos e infraestructuras de red en las que se desarrollan y, debido a su propia naturaleza, suelen entrar en conflicto con las políticas de seguridad y gestión de laboratorios que albergan dichas infraestructuras.

En este artículo se propone un entorno de ejecución rico, estable, transportable, económico e independiente de las políticas de gestión de laboratorios, especialmente válido para la realización de prácticas de administración TIC. Este entorno se basa en técnicas de *host virtuales* (VMWare, UML) y *Live-CD* (Linux Knoppix) que proporcionan todo un escenario de red de computadores desde un único CD.

A partir de esta propuesta, se analizan las diferentes prácticas realizadas en las asignaturas relacionadas y sus objetivos fundamentales.

## 1. Introducción

La Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Alicante (UA) tiene la responsabilidad de la gestión de los laboratorios de prácticas docentes de las titulaciones asignadas a este Centro. Entre estas titulaciones se encuentran disciplinas tan dispares como la Ingeniería Informática, la Arquitectura, la Ingeniería Técnica de Obras Públicas y la Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, en su especialidad de Sonido e Imagen. En un entorno tan heterogéneo, establecer una estrategia de

gestión válida para todos los actores implicados no es fácil y requiere un minucioso análisis y una propuesta clara y consensuada de las políticas de gestión y utilización de sus recursos.

Estas políticas establecen un marco de convivencia entre las diferentes titulaciones, asignaturas, departamentos, alumnos y profesores de la EPS. Por desgracia, este marco también impone unos límites que condicionan muchas de las prácticas docentes que se deben desarrollar y que afectan a asignaturas que se salen de los mismos.

Éste es el caso de las asignaturas de Administración de Sistemas Operativos y de Redes. Por un lado, la acción misma de administrar un equipo o una red entra en conflicto directo con las políticas de administración de los laboratorios, por el sencillo hecho de implicar tareas que se solapan total o parcialmente. Si en estas tareas de administración se incluyen, no sólo los computadores, sino también las propias infraestructuras de *networking* e, incluso, los servidores que dan soporte a los laboratorios, el problema está servido; máxime si a todo ello le unimos que, en muchos de los casos, estas tareas se deben desarrollar desde cuentas de usuario con privilegios suficientes, incluidos los de *superusuario*.

Otro inconveniente asociado a las prácticas de sistemas operativos y redes de computadores es la necesidad de infraestructuras caras que difícilmente se justifican en este tipo de entorno por su especificidad —un PC será casi igualmente útil para un estudiante de informática que para otro de arquitectura; sin embargo, un *firewall* posiblemente sólo será útil para un estudiante de administración de redes o disciplinas muy afines.

Todo esto hace que las prácticas de administración de sistemas operativos y redes no suelen ser todo lo ambiciosas que debieran, que no cubran muchas de las tareas que hoy en día se pueden considerar básicas para un administrador, y que no abarquen equipos de red fundamentales como *enrutadores*, *conmutadores* o servidores de red.

El Departamento de Tecnología Informática y Computación (DTIC) de la UA, responsable de las asignaturas de administración, ha puesto en marcha una experiencia piloto, conjuntamente con la EPS, para solventar todos estos inconvenientes y ofrecer prácticas acordes con las necesidades actuales, pero respetuosas con las políticas de gestión e infraestructuras de laboratorio existentes en la EPS.

En este artículo se recoge esta experiencia, cuyo enfoque principal es la propuesta de un completo entorno de red compuesto por equipos de sobremesa, servidores y dispositivos de networking basado en técnicas de *host virtuales* (UML) y *Live-CD* (Linux Knoppix) que permiten disponer de todo un escenario de red integrado con las políticas de gestión desde un único CD. Este entorno, aunque simulado de cara al administrador, es funcionalmente idéntico al entorno real.

## 2. Estado actual

El modelo de gestión de los laboratorios de prácticas adoptado en la EPS es, al igual que otros Centros de universidades españolas [1], el de laboratorio docente coordinado por el Centro en el que se imparten las titulaciones y en el que el equipamiento existente, para un mejor aprovechamiento, es de propósito general.

Para garantizar la máxima disponibilidad, integridad y privacidad de la información de los equipos, la política de gestión de los laboratorios de la EPS establece, entre otras directrices [2], las siguientes:

- la obligatoriedad de identificar, autenticar a los usuarios por parte del sistema de gestión de identidad de la EPS [3],
- la imposibilidad de modificar la configuración del hardware y software de los equipos e infraestructura de los laboratorios,
- la restricción y el control de las comunicaciones entre los clientes de laboratorio.

Existen diversas herramientas de Linux que permiten a usuarios no privilegiados, ejecutar comandos con permisos administrativos y sin necesidad de conocer la contraseña del administrador: **sudo** y **webmin** son dos ejemplos.

El comando **sudo** presenta como principal característica la de permitir que usuarios no privilegiados ejecuten comandos con derechos administrativos; por otra parte, el uso de este comando aumenta la complejidad de la gestión de los laboratorios y, además, las acciones se ejecutan sobre el cliente de laboratorio, modificando su configuración y afectando a la integridad y, posiblemente, a la disponibilidad del equipo para otros grupos de prácticas. Otro inconveniente de **sudo** es su limitación para determinadas tareas muy habituales: sólo se pueden otorgar permisos de ejecución privilegiada a comandos, cuando en muchas de las ocasiones se precisa la modificación de archivos (por ejemplo, ficheros de configuración y recursos) [4], accediendo directamente a los mismos.

**Webmin** ofrece una interfaz Web con la que los alumnos pueden, sin necesidad de conocer la contraseña del usuario administrador, realizar las tareas de las prácticas de administración con los privilegios adecuados. El inconveniente de este tipo de aplicaciones es que, además de afectar a la integridad del cliente de laboratorio, la interfaz que se ofrece al alumno no es la interfaz real con la que se desarrolla el trabajo de un administrador.

Para integrar estas prácticas con las políticas de gestión de los laboratorios, de forma que no afecten a la configuración de los clientes, se están empleando técnicas basadas en la creación de sistemas ubicados en un CD de inicio, y que generalmente se conocen como *Live-CD* donde Knoppix es un buen ejemplo [5]. Las ventajas que introduce el uso de este tipo de estrategias son, por una parte, su fácil migración a otros equipos de trabajo —domicilio del alumno, aulas de acceso libre u otros laboratorios de la EPS— y, por otra, inicia una plataforma software completa, posiblemente diferente de la alojada en las unidades de almacenamiento locales, e independientes entre ellas.

Sin embargo, este enfoque sólo facilita la realización de prácticas basadas en un equipo y no asegura la integración con las políticas de gestión de más alto nivel o con servicios de red como seguridad y autenticación.

Otro enfoque habitual para la realización de las prácticas de administración es el uso de

software de *virtualización*, como por ejemplo, *VMWare*, *Virtual Server* de Microsoft o *User Mode Linux* (UML) [6]. Esta posibilidad permite, al igual que los *Live-CD*, administrar equipos, en este caso virtuales, con todos los permisos de administrador sin afectar a las configuraciones de los clientes de laboratorio y añade dos características importantes:

- Creación de un entorno de red completo compuesto por *hosts* y dispositivos de *networking* (ver figura 1).
- Configuración de entornos de red heterogéneos (por ejemplo, basados en Linux y Windows).

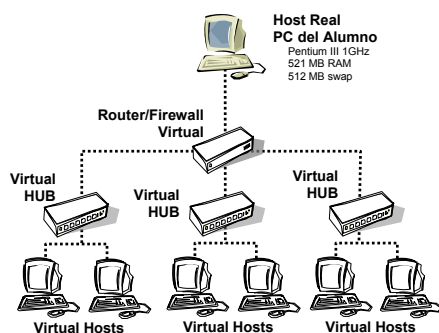


Figura 1. Escenario de ejemplo mediante la técnica de host virtuales.

El principal inconveniente de esta estrategia es que se ve muy limitada por su poca portabilidad —el alumno debe instalar y configurar el equipo de casa tal y como se ha realizado en los laboratorios para que el entorno de trabajo sea el mismo.

Como en el resto de los casos analizados, tampoco proporciona mecanismos directos para su integración con las políticas de gestión de laboratorios ni con los servicios de red existentes.

### 3. Nuestra propuesta

Para la realización de prácticas de administración de sistemas operativos y redes, teniendo en cuenta la problemática presentada y las propuestas actuales que más se acercan a nuestras necesidades, la solución que proponemos debe contemplar los siguientes requerimientos:

- Integración con las políticas de gestión de los laboratorios docentes de la EPS.

- Provisión a los alumnos de un entorno de trabajo en el que se pueda, en cada puesto de trabajo, simular una pequeña red con, al menos, tres nodos donde se ejecutarán los servicios de red y sistemas operativos a administrar.
- Fácil reproducción de los entornos de prácticas en equipos ajenos a los laboratorios docentes, de forma que el alumno pueda completar su formación sin limitación de horarios y disponibilidad de laboratorios.

Si se exceptúan las aplicaciones del estilo de *Webmin*, cada una de las soluciones planteadas en el apartado anterior aporta una característica que se complementa con las ofrecidas por el resto. Así, los *Live-CD* como *Knoppix* permiten construir un sistema completo, robusto y transportable, todo ello en un único CD y que, además, se puede integrar fácilmente en las especificaciones que establece el servicio de laboratorios de la EPS.

Sin embargo, *Knoppix*, por sí misma, no proporciona una solución completa que cubra todas nuestras expectativas. Un aspecto importante como es el proporcionar un entorno similar al de trabajo que se encuentra un administrador de redes sólo es posible si se suman las bondades que proporcionan las aplicaciones de *virtualización*.

A pesar de que *VMware* introduce la posibilidad de proporcionar clientes Windows para construir un entorno heterogéneo, el no ser de libre distribución y ser una aplicación con más consumo de recursos que UML, nos ha hecho, en principio, decantarnos por esta segunda opción.

UML es un software libre y ligero que permite la ejecución de un entorno de trabajo virtual no puro [7], donde los clientes se comunican mediante un concentrador (*hub*) simulado por el anfitrión que, además, actúa como el encaminador (*router*) por defecto de la red virtual.

Para adecuar el entorno propuesto a las políticas de gestión y control de acceso de la EPS, se ha desarrollado un código ad hoc que proporciona las siguientes funcionalidades:

- Identificar y autenticar a los alumnos mediante la adecuada configuración de los módulos PAM (*Pluggable Authentication Modules*) para que se delegue en el servicio de directorio de la EPS donde se almacenan las cuentas de los alumnos.

- Registrar la entrada al sistema del alumno insertando la información adecuada en el sistema de información de la EPS, para lo que se añade el módulo de entrada definido por la EPS.
- Establecer los privilegios de los usuarios según la política de seguridad de la EPS.

En el entorno que se propone, por tanto, se dispondrá de una distribución Knoppix a la que se le añadirán las utilidades de UML (utilizando como referencia el trabajo [8]) y el módulo de integración desarrollado por la EPS. Así, para la realización de las prácticas, los alumnos deberán iniciar el cliente de laboratorio con la distribución modificada y construir su red según las necesidades y limitado sólo por la capacidad del host anfitrión (figura 2).

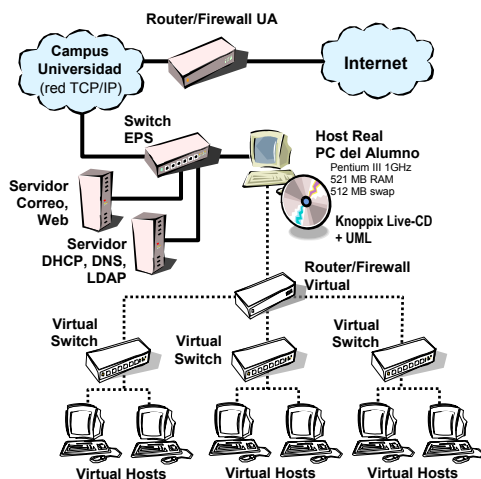


Figura 2. Escenario de ejemplo desarrollado para la realización de prácticas de administración de sistemas operativos y redes, integrado con las infraestructuras básicas de los laboratorios de la EPS.

Por otra parte, para poder gestionar el *router* de la red creada, se necesita ejecutar los comandos de red con derechos administrativos en el host anfitrión. Para respetar la política de gestión de los laboratorios y que aún así los alumnos puedan realizar estas tareas, se deberá instalar y configurar apropiadamente el comando *sudo*, limitando las acciones que, en el equipo real de laboratorio, los alumnos pueden realizar y minimizando riesgos en el equipo real de trabajo.

Por último, se debe destacar que este entorno está limitado por el espacio con posibilidad de

escritura que se dispone en una distribución Live-CD. Si se realizan distintas configuraciones virtuales, se necesita un sistema de archivos con capacidad para guardar las imágenes de los clientes. En el caso de la EPS, se ha dispuesto de un espacio de disco reservado para cada alumno del Centro con el que, tras identificarse correctamente, puede almacenar y recuperar las imágenes de los clientes, independientemente de dónde esté trabajando. Este sistema de archivos es accesible tanto desde los laboratorios docentes como desde cualquier nodo con conexión a Internet.

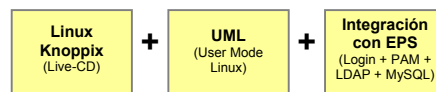


Figura 3. Principales módulos que componen la propuesta de integración con la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Alicante.

En resumen, la propuesta que se presenta en este artículo consiste en la integración de varias de las tecnologías analizadas en el apartado dos — *Knoppix*, *UML* y, en menor medida, *sudo*— junto con software específico desarrollado por el servicio técnico de la EPS para solventar los problemas de integración con sus políticas de gestión y control de acceso a los equipos de las aulas. La imagen *iso* del CD que integra la solución está disponible para cualquier alumno o profesor que lo solicite.

#### 4. Prácticas propuestas

El concepto de administración de sistemas operativos ha sufrido una inevitable evolución, paralela a la que han seguido los sistemas que debe gestionar. La incorporación de las redes en general y de Internet en particular han introducido nuevos elementos, más sofisticados e interrelacionados que deben ser contemplados de forma intrínseca en los nuevos enfoques de gestión de las TIC.

Entre estos elementos destacan las plataformas *middleware* como nuevo soporte de servicios, las aplicaciones y servicios Web como nuevos modelos de interconexión y todos los servicios de red básicos, tanto hardware como software, necesarios para el desarrollo de las actividades cotidianas.

Las prácticas de gestión de estos recursos deben ser consecuentes con la actual situación e incorporar escenarios realistas en los que se entremezclarán inevitablemente diversas tecnologías, herramientas y metodologías; a ser posible, dentro de marcos establecidos por estándares abiertos. La finalidad de estas prácticas deberá incluir los siguientes aspectos:

- Aprender principios y prácticas de las tecnologías y arquitecturas de red, así como protocolos y servicios de nivel de aplicación.
- Aprender a diseñar, implantar y configurar servicios de red, desde los considerados básicos [4], como el servicio de nombres (DNS), el servicio de configuración de red dinámico (DHCP) y sesiones remotas seguras (SSH), hasta los más sofisticados como el servicio de correo, Web, sistemas de archivo remoto y de aplicaciones.
- Adquirir las aptitudes necesarias para el diseño y desarrollo de un proyecto de implantación de servicios de red.

A partir del entorno propuesto en este trabajo se pueden plantear prácticas muy diversas que abarquen un amplio conjunto de necesidades. A continuación analizaremos por grupos, las posibles propuestas aplicables, entre otras, a las asignaturas de Administración de Sistemas Operativos en Red, obligatoria de la Ingeniería Técnica de Sistemas [9], Sistemas Operativos en Red, obligatoria de la titulación de Informática [10], Administración e Instalación de Redes de Computadores y Administración de Servicios de Internet, optativas de las tres titulaciones informáticas [9] [10] [11].

#### 4.1. Administración convencional de SSOO

El escenario desarrollado permite que se puedan realizar todas las tareas básicas que se engloban dentro de las funciones convencionales de un administrador de sistemas operativos.

Se puede gestionar el arranque y parada del equipo, la configuración y control de usuarios, la gestión y monitorización de procesos, de memoria o la entrada y salida.

Concretando un poco más, la práctica propuesta en nuestro caso abarca todo el proceso de instalación y configuración de la distribución *Debian* de Linux y contempla las siguientes tareas:

- Creación del sistema de archivos raíz del entorno. En este caso un archivo con el tamaño deseado y relleno de ceros.
- Instalación del sistema mínimo operativo con el comando **debootstrap**.
- Creación de los dispositivos virtuales necesarios.
- Ejecución del cliente virtual con el sistema mínimo.
- Actualización de dicho cliente con la instalación de las aplicaciones deseadas.
- Configuración del sistema operativo modificando el inicio y parada adecuadamente.
- Creación de las cuentas de usuario necesarias y modificación de la contraseña de *root* del cliente virtual.

#### 4.2. Entornos de red complejos

La realización de prácticas completas sobre administración de redes implica la gestión, ya no sólo del equipo del alumno, sino de otros equipos de la red y de los propios dispositivos de *networking* que la conforman. En este caso, tomando como referencia el entorno virtual propuesto en la figura 2, cada alumno debe ser capaz de configurar sus interfaces de red y crear las tablas de rutas de cada equipo.

En nuestro caso, realizamos prácticas enfocadas a proporcionar seguridad a la red virtual local creada y a los servicios implementados, protegiéndola de posibles amenazas del exterior —que en este caso es la propia red del laboratorio— con la implementación y configuración de una arquitectura de cortafuegos. Si nuevamente se toma como referencia la configuración de red planteada en la figura 2, gracias al entorno virtual propuesto, se puede realizar una práctica completa sobre cortafuegos. Ésta consiste en el establecimiento de políticas de seguridad y en la realización de los filtros de entrada, salida y reenvío en el host anfitrión así como de NAT y DNAT con el objetivo de controlar la entrada y salida del tráfico de la red del laboratorio a la virtual y viceversa acordes con las políticas definidas.

Otra de las prácticas propuestas en el ámbito de la seguridad en red es la configuración de uno de los clientes como un *host bastión* mediante la instalación y configuración de un servidor *proxy* (**squid**) e implementando, de esta forma, la

configuración de *cortafuegos de host seleccionado* [12].

#### 4.3. Gestión de servicios de red

En el nivel de aplicaciones y servicios de red, el escenario también se muestra adecuado para realizar prácticas de instalación y configuración de servicios de red (como por ejemplo: DHCP, DNS, LDAP, Web o correo electrónico) que se pueden considerar bien por separado, como práctica autocontenida, bien enfocada a la ejecución de un proyecto de servicios de red en el que los alumnos deban diseñar, instalar, configurar y probar un conjunto de servicios en los clientes virtuales e ir integrándolos. Así, tras la configuración del DHCP y DNS, se propone la integración de ambos pasando los datos de asignación de IPs del servidor DHCP al de DNS. De igual forma, se realizan prácticas de configuración de la seguridad Web o la del correo SMTP basada en servidores de directorio LDAP.

Asimismo, con respecto a la práctica de DNS, tomando la red del laboratorio docente en la que se realizan las prácticas como ISP que nos proporciona acceso a Internet, se puede conseguir que cada alumno tenga delegado el dominio que solicite, configurando su servidor DNS como la *autoridad de la zona* asignada y utilizando como servidor raíz DNS el del equipo del laboratorio que está destinado al uso del profesor de prácticas —responsable, a su vez, de configurar un servidor DNS que tenga asociada dicha funcionalidad.

A partir del dominio DNS delegado en prácticas anteriores, el alumno deberá instalar y configurar un servidor de correo. Para completar esta práctica, el alumno instalará y configurará los servicios de POP3 e IMAP que permitan acceder a los buzones de correo de forma remota. En este caso el entorno permite a cada alumno realizar todas las tareas que implican multitud de clientes y servidores de red.

#### 4.4. Sistemas distribuidos

Finalmente, dentro del ámbito de asignaturas que nos competen, este enfoque proporciona características que facilitan la realización de prácticas sobre equilibrado de carga y computación distribuida y paralela.

En nuestro caso, las prácticas propuestas consisten en (a) diseñar, implementar y

administrar clusters donde los elementos que lo componen son los clientes virtuales; y (b) en la instalación, configuración y prueba de entornos de programación.

### 5. Conclusiones

Con el entorno de trabajo presentado se facilita al profesorado la preparación de prácticas más ajustadas a las tareas típicas de administración de sistemas, redes y servicios de Internet.

Por otra parte, no debe olvidarse que, aunque el entorno de trabajo es virtual, todas las tareas que sobre él se ejecuten son absolutamente reales, tanto si se actúa administrando un único equipo, como si se hace sobre un complejo entorno de red. Este aspecto acerca al alumno a la realidad de los entornos de producción que se encontrará en el futuro.

El entorno de trabajo de la propuesta, al estar ubicado en un *Live-CD*, hace que sea robusto, fácil de transportar y utilizar e inmediato de reproducir en otros entornos: por ejemplo, otros laboratorios de otros centros, el portátil o el equipo de sobremesa del alumno, lo que facilita el desarrollo de trabajo personal, apoyado en las directrices de los nuevos planes de estudio para la convergencia europea [13].

En el curso actual, se ha implantado la solución expuesta (disponible en [14]) en las prácticas de las asignaturas de Administración de Sistemas Operativos en Red y Administración de Servicios de Internet. A partir de los resultados obtenidos con esta experiencia, además de realizar los refinamientos oportunos, nuestra línea de trabajo futura se centrará en la integración de software de virtualización como *VMware* que permita incluir clientes virtuales Windows. De esta forma, se podrá presentar un entorno heterogéneo, más acorde con los escenarios reales y que pueda ser válido para otro tipo de asignaturas. Además, estamos trabajando para incorporar la computación distribuida basada en tecnología GRID como *OpenMosix* en los clientes virtuales.

### Referencias

- [1] F. Ginés et al., *Laboratorios docentes de la Facultad de Informática de la UCM: un modelo para la gestión integrada de aulas*

- informáticas*. Actas de la I Jornada Campus Virtual UCM. Ed. Complutense, 2004.
- [2] Normativa de uso de los laboratorios de la Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alicante, <http://www.eps.ua.es/>, febrero 2005.
- [3] A. Albaladejo; J.A. Gil; J.J. Zubizarreta, *Diseño de sistemas de información. Un caso práctico*. Actas de las I Jornadas sobre Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Gestión de Redes (JDARE 2004). Ed. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2004.
- [4] F. Maciá; J.A. Gil; J.C. Monllor., *Intranets de Gestión de Red*. Ed. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2000.
- [5] Página oficial de Knoppix, <http://www.knoppix.net>, febrero 2005.
- [6] Página de User Mode Linux, <http://user-mode-linux.sourceforge.net/>, febrero 2005.
- [7] A. Albaladejo; J.A. Gil, *Infraestructuras para el desarrollo e implantación de aplicaciones de red escalables*. Actas de las I Jornadas sobre Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Gestión de Redes (JDARE 2004). Ed. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2004
- [8] Página de Knoppix en Japón, <http://unit.aist.go.jp/itri/knoppix/index-en.html>, febrero 2005
- [9] Boletín Oficial de Estado de 25/09/2001, págs. 35698-35710. (Plan de estudios de Ingeniero Técnico de Informática de Sistemas de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante).
- [10] Boletín Oficial de Estado de 25/09/2001, págs. 35672-35686. (Plan de estudios de Ingeniero en Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante).
- [11] Boletín Oficial de Estado de 25/09/2001, págs. 35687-35697. (Plan de estudios de Ingeniero Técnico de Informática de Gestión de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante).
- [12] W. Cheswick; S. Bellovin; A. Rubin, *Firewalls and Internet Security*. Ed. Addison-Wesley, 2003.
- [13] ANECA, *Los estudios de informática y la convergencia europea*, 2004.
- [14] Página web del Departamento de Tecnología Informática y Computación de la Universidad de Alicante. <http://www.dtic.ua.es/>, febrero 2005.