

Herramientas de soporte al aprendizaje de sistemas de ficheros

Xavier Canaleta, Joan Navarro

Departamento de Informática
La Salle - Universitat Ramon Llull
C/ Quatre Camins 2, 08022 Barcelona
{xavic.jnavarro}@salle.url.edu

Resumen

FAT_viewer, *EXT2_reader* y *ReiserFS_rdr* son tres aplicaciones, diseñadas y desarrolladas en el Departamento de Informática de La Salle, destinadas a dar soporte en el aprendizaje de los sistemas de ficheros y en la realización de las prácticas asociadas a dicha temática. Estos contenidos forman parte de la asignatura de Sistemas Operativos, impartida en el tercer curso de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas. El objetivo de las mismas es facilitar la comprensión de la estructuración y codificación de datos en los sistemas de ficheros FAT, EXT2 y ReiserFS, así como agilizar las pruebas con volúmenes formateados en estos sistemas usados en las prácticas de la asignatura. Si bien existen diferentes programas que permiten la manipulación de este tipo de volúmenes, la originalidad de este software reside en el enfoque completamente docente que se da a dichas aplicaciones. Se presentarán también los resultados de la implantación de dichas herramientas durante el Curso 2008-2009.

1. Motivación

A menudo, demasiado a menudo, se usa una buena parte del tiempo dedicado a la docencia en realizar tareas que no aportan nada en el proceso de aprendizaje del estudiante. Habitualmente son tareas que se podrían agilizar o eliminar si se dispusiera un soporte tecnológico adecuado. Si bien este hecho se puede constatar en la mayoría de enseñanzas universitarias, se vuelve más paradójico y contradictorio si sucede en aquella donde la materia a impartir es la informática. Así, refranes como *nadie es profeta en su tierra* o *en casa de herrero cuchara de palo* cobran todo su sentido.

La presentación de los recursos didácticos *FAT_viewer*, *EXT2_reader* y *ReiserFS_rdr* tiene como objetivo principal dar a conocer a la

comunidad universitaria estas herramientas por si pueden ser de utilidad a otras escuelas donde se imparten los mismos contenidos. La compartición de herramientas de soporte a la docencia entre universidades permite crear sinergias entre ellas y ser más eficientes en la gestión de recursos. En segundo lugar, los trabajos que se exponen también tienen como objetivo destacar la importancia de la participación del estudiante en el desarrollo de dichos recursos tanto en los requisitos y funcionalidades, como en el diseño e implementación de los mismos.

En la sección de Arquitectura de Computadores y, más concretamente, en el área de sistemas operativos se daban las condiciones idóneas para intentar abordar los tres objetivos planteados: eficiencia y eficacia en el aprendizaje, creación y compartición de recursos software e implicación del alumnado en el proceso. La existencia de un pequeño grupo de estudiantes, de buen nivel técnico y con interés en el campo de la docencia, en combinación con un núcleo de profesores con alta vocación pedagógica, permitió crear el entorno adecuado para el desarrollo de las aplicaciones de soporte a la asignatura de Sistemas Operativos que se presentan a continuación.

2. Introducción

Sistemas Operativos es una asignatura troncal que se enmarca en el tercer curso de las carreras de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas e Ingeniería Técnica en Informática de Gestión. Los contenidos generales se describen en la Tabla 1. La unidad didáctica de Sistemas de Ficheros tiene un peso importante dentro de la asignatura, tanto en la parte lectiva (un 20% de dedicación horaria) como en la parte práctica (un 35% del tiempo total que dedica el estudiante a diseñar e implementar las prácticas asociadas a la asignatura).

Los contenidos correspondientes al tema de Sistemas de Ficheros parten de una descripción general de esta capa del sistema operativo.

Seguidamente se explican las diferentes técnicas de gestión del espacio libre y de implementación de ficheros y directorios. Finalmente, se presentan en detalle dos ejemplos de sistemas de ficheros: el sistema FAT32 y el sistema EXT2.

Sistemas Operativos	Horas lectivas
Introducción	3
El núcleo	4
Planificación	8
Mecanismos de comunicación, sincronización y exclusión mutua.	25
Administración de memoria	18
Sistemas de Ficheros	16
Entrada y Salida	6
Total	80

Tabla 1. Contenidos de la asignatura

En esta sección el profesor explica las diferentes codificaciones a nivel binario que utiliza cada sistema de ficheros. Es en este punto donde los ejemplos expuestos en un editor binario le resultan al alumno complicados y confusos de seguir, tal y como se muestra en la Figura 1.

```

00000000h: EB 3C 90 4B 4B 44 6F 73 66 73 00 00 02 01 01 00 ; ecd|bootst.....
00000010h: 02 20 00 40 0B F0 09 00 12 00 02 00 00 00 00 ; a.d.s.....
00000020h: 00 00 00 00 00 00 29 13 A3 16 44 20 20 20 20 ; .....f.d
00000030h: 20 20 20 20 20 20 46 41 54 31 32 20 20 0E 1F ; FAT12 ..
00000040h: BE 5B 7C AC 22 C0 74 0B 56 94 0E BB 07 00 CD ; N[[-"A.L.V".:..I.
00000050h: 5E EB F0 32 E4 C5 16 CD 19 EB FE 54 68 69 73 20 ; *e2af.i.epThis
00000060h: 69 73 20 6E 6F 74 20 61 20 62 6F 6F 74 61 62 6C ; is not a bootabl
00000070h: 85 20 64 89 73 68 3E 20 20 50 6C 65 61 73 85 20 ; e disk. Please
00000080h: 69 8E 73 85 72 74 20 61 20 62 6F 6F 74 61 62 6C ; insert a bootabl
00000090h: 65 20 66 6C 6F 70 70 79 20 61 6E 64 0D 0A 70 72 ; e floppy and..pr
000000a0h: 65 73 73 20 61 6E 79 20 68 65 79 20 74 6F 2D 74 ; ees any key to t
000000b0h: 72 79 20 41 67 61 69 4E 20 2E 2E 2E 10 00 0A 00 ; cy again ..
000000c0h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
000000d0h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
000000e0h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
000000f0h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
00000100h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
00000110h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
00000120h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
00000130h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
00000140h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
00000150h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; .....
    
```

Figura 1. Visión hexadecimal del *Boot Sector*

Si se dispusiera de una herramienta que facilitara la relación entre la visión de usuario y la codificación a nivel hexadecimal, el estudiante asimilaría los mismos contenidos con mayor agilidad y rapidez.

Adicionalmente, en este bloque el alumno debe realizar una práctica en la cual a partir de un volumen binario codificado en un determinado sistema de ficheros, el programa desarrollado por el alumno sea capaz de consultar o actualizar ciertas informaciones del sistema. Por ejemplo, realizar un listado de los archivos y directorios de

la raíz, realizar una búsqueda de un archivo en el árbol de directorios, mostrar por pantalla el contenido de un archivo, mostrar el árbol de directorios del volumen de trabajo, etc.

Para la realización de las prácticas y la buena depuración de las mismas, el alumno debe realizar un conjunto de pruebas exhaustivas con diferentes volúmenes de disco. Una opción es montar el volumen de prueba en el sistema operativo y usando los comandos propios del sistema operativo hacer las comprobaciones oportunas. Esta posibilidad sólo permite al estudiante verificar si los resultados obtenidos por su programa son correctos. Pero no posee ninguna utilidad por la cual pueda detectar, en caso de error, dónde puede estar el *bug* y hacer su posterior seguimiento repitiendo el proceso hasta su resolución. Así pues, sería interesante disponer de una aplicación que facilitara este soporte.

3. Herramientas similares

Pero, ¿es necesario desarrollar un software específico para estas necesidades o ya existe en el mercado otras aplicaciones similares? Con el objetivo de evitar diseñar e implementar utilidades ya existentes se realizó un estudio del estado del arte del entorno para analizar las herramientas existentes y si estas se adecuaban a los requisitos solicitados.

En el ámbito de los sistemas de ficheros EXT2 las aplicaciones relevantes son:

- *Explore2fs* [6]: esta aplicación presenta una interfaz amigable, muestra información detallada de particiones EXT2 y EXT3 e informa de los contenidos del *superblock* como funcionalidades más destacadas. El inconveniente principal es que no muestra algunos de los datos imprescindibles para poder manipular un volumen, como pueden ser los *group descriptors*, el *inode bitmap* o el *block bitmap*.
- *Ltools*: este software permite trabajar con volúmenes formateados en EXT2 y EXT3, mostrando todos los contenidos de ficheros y directorios y permitiendo las funcionalidades habituales (copiar, mover, crear directorios, etc.). La carencia principal es que no facilita ningún tipo de información de bajo nivel.

- *Ext2ifs* [5,7]: consiste en un driver que permite el acceso a particiones EXT2 y EXT3 desde el mismo Explorador de Windows. Las funcionalidades son siempre a nivel de usuario y carece de utilidades que muestren datos binarios.

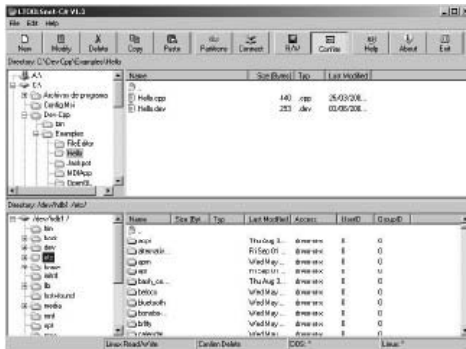


Figura 2. Captura de la aplicación *Ltools*

Existen otras aplicaciones en este entorno (por ejemplo, *E2tools* o *E2fsprogs* [1,10]) que siempre tienen herramientas orientadas a manipulación de volúmenes de EXT2 o EXT3 a nivel de usuario pero no a bajo nivel.

En el ámbito de ReiserFS, existen dos aplicaciones similares a destacar:

- *RFSTOOL* [3]: herramienta que permite el acceso a particiones ReiserFS en entorno Windows. No tiene ninguna funcionalidad a nivel de acceso a los metadatos del volumen.
- *UFS Explorer Batch* [9]: herramienta que permite la consulta no sólo de ReiserFS sino de particiones EXT2, EXT3, XFS, etc. Entorno poco amigable ya que su uso se hace en modo consola. Sus funcionalidades también son a nivel de usuario, no a nivel del sistema de ficheros.

A nivel de aplicaciones para sistemas de ficheros FAT32 se pueden mencionar las aplicaciones *FileMon* y *Process Monitor* de Microsoft como análogas que proporcionan cierta información sobre el volumen de disco y sus ficheros, pero no ofrecen utilidades para llegar a bajo nivel.

Esto lleva a la conclusión que las aplicaciones expuestas en este apartado no son útiles para los objetivos planteados, y hacen interesante el

desarrollo de un nuevo software de soporte que nos permita garantizar su uso en el ámbito docente descrito con anterioridad.

4. Las aplicaciones

4.1. Entorno de desarrollo y ejecución

Las tres aplicaciones, *FAT_viewer*, *EXT2_reader* y *ReiserFS_rdr*, han seguido un mismo patrón por lo que a entorno de desarrollo y ejecución se refiere. Las aplicaciones se han desarrollado en Visual Studio 2005 y, concretamente, usando el lenguaje de programación C#. La flexibilidad que ofrece el lenguaje para operar tanto a nivel de bit como a alto nivel, permitiendo también programar usando orientación a objetos, además de sus facilidades para el entorno gráfico, motivaron la elección de esta plataforma de desarrollo.

La instalación de las aplicaciones se realiza mediante un autoinstalable, que los estudiantes pueden descargarse del campus virtual de la Universidad e instalarlo sobre un sistema operativo Windows. El propio autoinstalable se encarga de verificar la plataforma del Framework de .NET o cualquiera de sus actualizaciones y descargarlas de Internet en caso necesario.

4.2. Diseño de la aplicación

El diseño e implementación de las tres herramientas se ha realizado en un grupo de trabajo donde una parte importante del mismo han sido los tres Trabajos de Final de Carrera [2,4,8] vinculados al proyecto docente interno. Para su desarrollo se han seguido las fases habituales de un proyecto de ingeniería del software:

- Análisis de requisitos, donde se recogen los requisitos funcionales y de usabilidad.
- Decisiones de diseño por lo que se refiere a la elección del entorno de desarrollo y programación.
- Modelado estático, dentro del análisis funcional, que incluye los diagramas de casos de uso y diagrama de clases.
- Modelo dinámico, también dentro del análisis funcional, de se realizan todos los diagramas de secuencia.

- Fase de pruebas, para verificar su correcto funcionamiento y aplicabilidad al área de utilización.
- Puesta en explotación durante el curso académico 2008-2009. En la asignatura de Sistemas Operativos de tercer curso.

A continuación se hace una descripción de las tres aplicaciones, resaltando sus principales funcionalidades.

4.3. EXT2_reader

EXT2_reader se trata de una herramienta docente orientada al estudio y aprendizaje del sistema de ficheros EXT2. Como sugiere su nombre la herramienta, sólo permite la lectura de particiones EXT2, haciendo especial énfasis en cómo se accede a los datos que se están mostrando.

Las funcionalidades que aporta la aplicación se pueden resumir en los siguientes puntos:

- El usuario podrá cargar cualquier imagen formateada en EXT2 y visualizar los contenidos (árbol de directorios, listado de ficheros y propiedades, etc.) de forma inmediata.
- El usuario siempre tendrá la posibilidad de tener una doble visión: la de usuario y la correspondiente a nivel binario.
- El usuario podrá tener acceso a la información de la estructura del sistema EXT2. La más destacada es, por ejemplo, la relacionada con el *superblock* (el valor de los campos más relevantes como son el tamaño del bloque, el tamaño del i-nodo, el número de i-nodos, etc.), los *group descriptors* (el contenido de cada uno de ellos, mostrando información relativa a las posiciones de su *block bitmap*, *inode bitmap*, *inode table*, etc.), el contenido de los *inode bitmap*, el contenido de los *block bitmap*, etc.
- El usuario podrá ver para cada fichero sus atributos asociados y donde se almacenan dentro de las estructuras de i-nodo o las entradas de directorio.
- También se permite al usuario mostrar los contenidos de ficheros de texto y de imagen siempre con la visión de usuario final o la visión del contenido hexadecimal.

Por lo que se refiere a los requisitos de usabilidad se han tenido en cuenta básicamente tres aspectos:

- La aplicación, como herramienta didáctica, debe de tener una interfaz amigable e inteligente.
- En todo momento estará disponible una ayuda que facilitará al usuario la comprensión de los contenidos mostrados y su relación con los datos codificados a nivel binario.
- Se minimizarán el número de clics a realizar por el usuario para realizar una determinada operación.

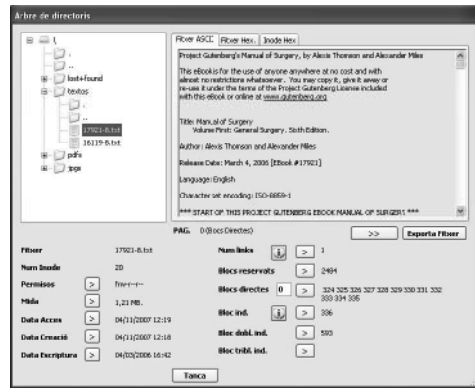


Figura 3. Árbol de directorios con EXT2_reader

4.4. FAT_viewer

FAT_viewer es una herramienta avanzada para realizar un estudio en profundidad sobre los sistemas de ficheros FAT e implementar una práctica sobre volúmenes formateados en este sistema. La aplicación permite al estudiante realizar modificaciones sobre la imagen en formato FAT32 y observar cómo afectan dichas operaciones a la imagen.

Las funcionalidades de esta herramienta se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- La aplicación permite crear imágenes en FAT32 configurando diferentes parámetros como el nombre del volumen, el número de FATs, los sectores por clúster, los bytes per sector, el número de clústeres, etc.
- Desde la aplicación se puede visualizar la información y las estructuras importantes de la

aplicación. En concreto: la *FAT* (se mostrará toda la *FAT* y se podrá acceder a una posición determinada), el *Boot Sector* y el *FSInfo* (se visualizarán todos los campos de cada uno de ellos).

- El usuario permite visualizar el árbol de directorios del volumen.
- *FAT_Viewer* muestra el contenido de un fichero tanto en ASCII como en hexadecimal.

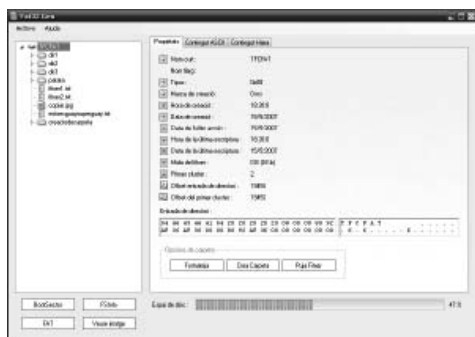


Figura 4. Captura de *FAT_viewer*

- Realizando un clic sobre un directorio o fichero el usuario puede ver la entrada del directorio o fichero correspondiente tanto en hexadecimal como en ASCII.
- También permite obtener de cada fichero o directorio sus atributos asociados, como son: el nombre corto, la extensión, el nombre largo, la marca, hora y fecha de creación, la fecha y hora de último acceso, la fecha y hora de la última escritura, el tamaño del archivo, dónde se halla el primer clúster.
- *FAT_viewer* permite mostrar las entradas de directorio a nivel binario.
- La aplicación permite realizar las siguientes operaciones sobre ficheros: copiar un fichero en el volumen, eliminar un fichero y también visualizar y descargar un fichero del volumen.
- La aplicación realiza las siguientes operaciones sobre directorios: crear un directorio dentro de la imagen y eliminar un directorio y todo el contenido asociado.

4.5. *ReiserFS_rdr*

Hasta el momento los contenidos de la unidad de sistemas de ficheros de la asignatura se han

centrado en el estudio de sistemas *FAT* y de sistemas *EXT2*, ya que se consideran altamente representativos. Con el objetivo de tener más variedad de sistemas de ficheros se creó *ReiserFS_rdr*. De este modo, se ampliaba el material de soporte de cara a futuros cursos y se daba una visión más amplia de los sistemas de ficheros.



Figura 5. Captura del *superblock* en *ReiserFS_rdr*

Las funcionalidades de esta aplicación se pueden resumir en:

- El usuario puede abrir cualquier volumen y acceder a las funcionalidades del aplicativo.
- Se dispone de botones de ayuda a través de los cuales se puede extraer la información más significativa.
- El usuario tiene a su disposición toda la información que hace referencia al sistema de ficheros, como es la información sobre el *superblock* y su localización en el mapa de memoria, el contenido del *bitmap block*, etc.
- Se accede y se permite mostrar la información sobre el árbol de directorios y ficheros, y sus propiedades asociadas.
- Tiene funcionalidades que permiten observar el funcionamiento del *journaling* y como están formadas sus transacciones.

5. Resultados e impacto observado

Las aplicaciones *EXT2_reader* y *FAT_viewer* han sido usadas durante el curso 2008/2009 para dar soporte a las clases presenciales en la explicación de los sistemas de ficheros *FAT* y *EXT2*. También han sido puestas a disposición del estudiante para que las pueda utilizar tanto para la realización de problemas como de soporte en el desarrollo de la práctica. La utilización por parte del estudiante de las herramientas era totalmente opcional.

Al final del trimestre donde estaba ubicada la utilización de las herramientas de soporte. Se realizaron encuestas al alumnado para la evaluación de las herramientas. De un total de 77 alumnos matriculados 51 contestaron los cuestionarios, un 66,2% del total. Se diseñaron dos cuestionarios bastante similares para ambas aplicaciones. En las tablas 2 y 3 pueden observarse el promedio de las valoraciones (de 0 a 10) que dieron los alumnos que contestaron los cuestionarios.

Pregunta sobre <i>EXT2_reader</i>	Promedio
Utilizado para estudiar	3,4
Utilizado en la práctica 3	9,1
Utilizado en problemas	6,7
Facilidad de uso	7,9
Utilidad de la ayuda en línea	4,2
Utilidad global de <i>EXT2_rdr</i>	8,1

Tabla 2. Resultados para *EXT2_reader*

Pregunta sobre <i>FAT_viewer</i>	Promedio
Utilizado para estudiar	3,1
Utilizado en problemas	7,4
Facilidad de uso	8,2
Utilidad de la ayuda en línea	3,7
Utilidad global de <i>FAT_viewer</i>	7,8

Tabla 3. Resultados para *FAT_viewer*

Vistos los resultados se pueden hacer algunas observaciones al respecto. Primeramente, el porcentaje de respuestas al cuestionario ha coincidido con el número de presentados a los exámenes de la asignatura en el pasado junio de 2009. En segundo lugar, cabe destacar que la diferencia entre las preguntas de las dos encuestas radicaba en que la práctica 3 del pasado curso académico sólo manipulaba volúmenes formateados en *EXT2*. Para el examen escrito había problemas de los dos sistemas de ficheros.

La valoración del grado de usabilidad de las aplicaciones se puede considerar altamente satisfactorio. La utilización de las aplicaciones ha estado elevada tanto en el uso en prácticas como de soporte a la solución de problemas sobre sistemas de ficheros. El grado de uso de la aplicación con fines de asimilación de conceptos, en cambio, es bastante bajo. Finalmente, se puede

destacar que la ayuda en línea no es de valor añadido para el alumno ya no la utiliza.

Una observación interesante que puede constatar el éxito y utilidad de dichas herramientas es realizar el cálculo de promedios de las valoraciones sólo con los alumnos repetidores de la asignatura que contestaron los cuestionarios. De 31 estudiantes repetidores de la asignatura 21 realizaron las encuestas.

Pregunta sobre <i>EXT2_reader</i>	Promedio
Utilizado para estudiar	3,0
Utilizado en la práctica 3	9,0
Utilizado en problemas	6,5
Facilidad de uso	8,3
Utilidad de la ayuda en línea	3,9
Utilidad global de <i>EXT2_rdr</i>	9,7

Tabla 4. Resultados del grupo de repetidores para *EXT2_reader*

Pregunta sobre <i>FAT_viewer</i>	Promedio
Utilizado para estudiar	3,0
Utilizado en problemas	8,1
Facilidad de uso	8,3
Utilidad de la ayuda en línea	3,8
Utilidad global de <i>FAT_viewer</i>	8,8

Tabla 5. Resultados del grupo de repetidores para *FAT_viewer*

Como se puede apreciar en las Tablas 4 y 5, los alumnos repetidores han valorado más o menos por igual el grado de usabilidad de las herramientas y el uso que se hace de las mismas. El dato más relevante es, sin lugar a dudas, la alta valoración de la utilidad global que le dan a ambas herramientas (de más de un punto en ambas aplicaciones). Este resultado se puede considerar lógico, dado que este grupo de alumnos tiene una visión de la asignatura del curso 2007/2008, donde no existían dichas herramientas de soporte, y les permite realizar una comparación con el curso 2008/2009 donde *EXT2_reader* y *FAT_viewer* se pusieron en explotación.

6. Conclusiones y líneas de futuro

Se han presentado tres herramientas de soporte a la docencia para la asignatura de Sistemas

Operativos. Dos de ellas se ha constatado que su uso y utilidad ha resultado exitoso.

El éxito de dichas herramientas es bastante probable que radique en el proyecto en equipo realizado desde el área de sistemas operativos. La incorporación de estudiantes en dicho equipo, junto con el diseño y desarrollo de las aplicaciones en base a tres proyectos de final de carrera, ha sido determinante para garantizar la utilidad de dicho software de soporte. La visión que incorpora un estudiante, antiguo alumno de la asignatura, se complementa a la perfección con las necesidades detectadas por el equipo docente del área en esa parte de los contenidos.

Dentro de esta misma línea, visto el éxito y utilidad de las herramientas, se ha propuesto el desarrollo de otras aplicaciones similares para otros sistemas de ficheros que se consideran también interesantes. El sistema de ficheros NTFS, la extensión del aplicativo *EXT2_reader* para volúmenes formateados en EXT3 y el sistema ISO 9660 de soporte para CDROM son los tres proyectos que se han propuesto a alumnos finalistas de Ingeniería Técnica de Sistemas.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Departamento de Informática de la Escuela y, en especial, a su Coordinador Docente, August Climent, por el apoyo incondicional que siempre nos ha dado en temas de mejora de la calidad docente en el ámbito universitario.

También merecen, a nuestro entender, una mención especial, los alumnos Ricard Forcada, Albert Velasco y Oriol Martí por su implicación en el proyecto docente. Si bien es cierto que formaba parte de su Trabajo Final de Carrera, la motivación durante el desarrollo de las aplicaciones, así como su colaboración en la fase posterior a sus proyectos ha sido determinante para la puesta en marcha de las mismas.

Referencias

- [1] Card, R. Ts'o, T. Tweedie, S. *Design and Implementation of the Second Extended Filesystem* [Consultado: 15 de noviembre de 2006]. Disponible en Internet <http://e2fsprogs.sourceforge.net/ext2intro.html>. Extraído de la publicación original: *Proceedings of the First Dutch International Symposium on Linux*, ISBN 90-367-0385-9.
- [2] Forcada, R. *Estudi del sistema de fitxers FAT32 i implementació d'una aplicació docent*, Trabajo Final de Carrera, Ingeniería i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, 2008.
- [3] Kunz, A. *YAReG - Yet Another ReiserFS GUI* [Consultado: 25 de septiembre de 2009]. Disponible en Internet: <http://yareg.akucom.de>, 2004.
- [4] Martí, O. *Estudi del Sistema de Fitxers ReiserFS*, Trabajo Final de Carrera, Ingeniería i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, 2009.
- [5] Newbigin, J. *Ext2 IFS for Windows NT/2K/XP* [Consultado: 24 de enero de 2007]. Disponible en Internet: <http://uranus.it.swin.edu.au/~jn/linux/ext2ifs.htm>, 2005.
- [6] Ocome C. *Chrysocome.net* [en línea]; Explore2fs [Consultado: 10/11/2006] Disponible en Internet: <http://www.chrysocome.net/explore2fs>
- [7] Schreider, S. *Ext2 Installable File System For Windows* [Consultado: 18 de octubre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.fs-driver.org>, 2006
- [8] Velasco, A. *Anàlisi de l'estructura del sistema d'arxius Ext2 i disseny i implementació d'una aplicació de caire docent de suport a l'aprenentatge*, Trabajo Final de Carrera, Ingeniería i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, 2008.
- [9] VV.AA. *SPN Software Picks Network*. [Consultado: 25 de septiembre de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.softpicks.net/software/UFS-Explorer-Batch-30500.htm>, 2009.
- [10] Wu M. *Ext2 File System Driver for Windows* [Consultado: 22 de enero de 2007]. Disponible en Internet <http://ext2fsd.sourceforge.net>, 2006.