

Laboratorio virtual para las asignaturas de Redes y Seguridad en Informática.

*Maite Villalba de Benito*¹, *Luis Antonio de Salvador Carrasco*²

¹Departamento de Sistemas Informáticos, ²Arquitectura de Computadores y Automática, Escuela Superior Politécnica, Área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Universidad Europea de Madrid

Resumen:

Tradicionalmente la asignatura de Redes ha tenido unos requisitos de uso de laboratorios de prácticas incompatibles con el resto de asignaturas debido a la necesidad de establecer estrictas políticas de uso de los laboratorios para que éstos puedan ser compartidos por diversas asignaturas redundando así en la optimización de los recursos. Sin embargo, dada la importancia que consideramos que tiene la parte práctica en la adquisición de los conocimientos del alumno, se consideró necesario buscar una alternativa que permitiese que los alumnos obtuviesen dichos conocimientos. Tras varios intentos, el pasado curso se llegó a una solución definitiva optando por el uso de un software para la creación de máquinas virtuales que permite emular una máquina completa en diferentes sistemas operativos completamente independiente de la máquina real y que, además, en caso de error, permite una rápida recuperación del entorno.

1. Introducción.

Las asignaturas de Redes(o Redes de ordenadores o Redes de Computadoras) presentes en los planes de estudio de las titulaciones, tanto técnicas como superiores, de Informática y Telecomunicaciones tienen una importante componente práctica.

En el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) [5] dicha componente práctica adquiere gran importancia en tanto en cuanto se pretende orientar los objetivos formativos de carácter general de los estudios de grado al mundo profesional.

En esta misma línea en la Universidad Europea de Madrid[1] se ha apostado por acercar el mundo profesional a los alumnos y esto, en el caso de asignaturas en las que la aplicación práctica principal consiste en que el alumno pueda administrar redes y sistemas y, por tanto, cambiar configuraciones del laboratorio y, como no, por el propio proceso de aprendizaje, causar pérdida de datos e incluso equipos, hace necesario plantearse a priori una gestión diferente de laboratorios lejos de las rígidas normas necesarias para mantener la integridad de los equipos cuando éstos deben estar disponibles para diferentes asignaturas y estudiantes.

En la Universidad Europea de Madrid los laboratorios son compartidos por diversas asignaturas, incluso titulaciones, de forma que, todas puedan acceder a los recursos allí disponibles. Una mala gestión de dichos recursos supondría que hasta la resolución del problema que en algunos casos puede llevar días, los profesores asignados al laboratorio afectado no podrían hacer uso del mismo y, por tanto, no podría impartir sus clases. Por ello, es necesario establecer políticas de gestión de recursos estrictas. En la Escuela

Superior Politécnica de la Universidad Europea de Madrid la política de gestión de laboratorios establece que un departamento no docente, el departamento de Coordinación Académica, se encargue de la asignación de las aulas y, en concreto, de los laboratorios, según los horarios confeccionados por los coordinadores de titulación. Así, una vez asignados los laboratorios en los que se impartirá cada asignatura, el departamento no docente responsable de la instalación y mantenimiento de los equipos existentes en los laboratorios (departamento de Tecnologías de la Información y Comunicaciones) instala el software necesario para cada asignatura en el laboratorio asignado a la misma. Por último, para coordinar y hacer de enlace entre los departamentos no docentes implicados en la gestión de laboratorios y los departamentos docentes, existe la figura del coordinador de infraestructura informática cuyo objetivo final será la óptima gestión de los laboratorios y, en definitiva, procurar que los alumnos reciban una alta calidad del servicio en cuanto a las infraestructuras informáticas de la universidad utilizadas en la docencia.

Entre los criterios y normas establecidas por el departamento encargado de la instalación y mantenimiento de los equipos de los laboratorios para respetar la información y el trabajo de otras personas que utilizan los recursos de forma compartida podríamos destacar las siguientes [3]:

- Los usuarios se comprometen a respetar la configuración de los ordenadores que utilizan, empleando únicamente los programas instalados por los servicios informáticos de la Universidad.
- El usuario no tiene autorización para instalar software.
- Ningún sistema puede ser utilizado para interferir el normal funcionamiento del mismo ni de los ordenadores a los que se conecta.

Estas políticas conllevan que ciertas prácticas que se consideran imprescindibles para el aprendizaje del alumno en asignaturas como Redes o Seguridad, no puedan llevarse a cabo debido a que para implementarlas es necesario que los alumnos no dispongan de permisos de administración sobre los equipos y dicho permisos son imprescindibles para realizar estas prácticas.

En lo que queda de artículo se explicará, en primer lugar y más en detalle los requisitos necesarios para la ejecución de las prácticas que se consideran necesarias para el aprendizaje de las asignaturas de Redes y Seguridad por parte del alumno, en segundo lugar, detallaremos la solución que se ha llevado a cabo en la UEM para abordar este problema, cómo se ha implantado y los resultados obtenidos en el presente curso y, por último, resumiremos el trabajo futuro a realizar en el próximo curso y las conclusiones obtenidas.

2. Asignaturas de Redes y Seguridad y Protección de los Sistemas de Información.

Dado que las políticas de gestión de laboratorios necesarias para la convivencia en los mismos de diferentes asignaturas conllevan que ciertas prácticas que se consideran imprescindibles para el aprendizaje del alumno en asignaturas como Redes o Seguridad, no puedan llevarse a cabo, una primera solución que puede parecer obvia sería disponer de un

laboratorio de uso exclusivo para estas asignaturas. Este posible escenario tiene dos inconvenientes principales. Por una parte, aunque disminuye el número de asignaturas que pueden verse afectadas por fallos en los equipos, desde luego no lo elimina puesto que otros grupos de la misma asignatura pueden verse afectados. Esta situación podría ser manejado, en principio, teniendo en cuenta la baja probabilidad de fallo de los equipos necesarios para la siguiente sesión sabiendo, además, que no todos los equipos son utilizados en estas asignaturas de último curso. Por otra parte, este escenario no conlleva a una optimización de los recursos y afecta al resto de laboratorios en el sentido de masificación de los mismos. Por este motivo, este escenario quedo descartado desde un primer momento.

Dada la imposibilidad de mantener un laboratorio en el que los alumnos pudiesen cambiar las configuraciones de los equipos y para poder transmitirles los conocimientos prácticos que creemos imprescindibles, pusimos en práctica diferentes soluciones.

Los objetivos comunes de las asignaturas de Redes en las titulaciones de Ingeniero en Informática, Ingeniero en Telecomunicaciones, Ingeniero en Telecomunicaciones +ADE, Ingeniero Técnico en Informática de Gestión e Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas de la Escuela Superior Politécnica de la Universidad Europea de Madrid son[4]:

- Conocer la terminología utilizada y ser capaces de ubicarla.
- Conocer las arquitecturas OSI e Internet e identificar sus diferencias.
- Comprensión del concepto de Sistema distribuido.
- Diseño y evaluación de redes TCP/IP. Arquitecturas más utilizadas en Interredes.
- Entender el funcionamiento de la conexión y desconexión en TCP/IP, así como, los mecanismos de control de errores y de control de flujo de Internet.
- Conocer los protocolos más habituales de Internet.
- Comprender la importancia de la seguridad en las redes de comunicación y conocer las técnicas de seguridad más utilizadas en Internet.

Para apoyar la parte teórica necesaria para el desarrollo de estos objetivos se ha determinado un número de prácticas que el alumno debe desarrollar a lo largo del curso. En lo que a las prácticas relacionadas con la configuración de enrutamiento y cortafuegos se refiere, comenzamos a utilizar simuladores de Red que, como su propio nombre indica, pretenden emular una situación real de configuración de red. Existe gran variedad de software de este tipo que cumple las expectativas de configuraciones de enrutamiento adecuadamente y, por tanto, fue suficiente con evaluar los diferentes productos existentes en el mercado y seleccionar el que se adaptase mejor a nuestros requisitos.

Nos quedaría, por tanto, por cubrir otra parte imprescindible como es la administración de red en diferentes sistemas operativos y la administración de servicios de red. Para poner en funcionamiento el primer tipo de práctica, se confeccionó un enunciado en el que el alumno utilizase los comandos de administración de red más importantes pero sólo se realizasen tareas de visualización ya que no se tenían permisos para el cambio de configuraciones. Para algunos de los comandos que los alumnos podían probar porque no perjudicaba la integridad de los laboratorios pero que, sin embargo, eran necesario tener privilegios de administrador o root, utilizamos el comando SUDO. Dicho comando permite que usuarios no privilegiados puedan ejecutar comandos con derechos de administración. El principal problema del uso de dicho comando es que aumenta considerablemente la dificultad de

gestión de los laboratorios. En el caso particular de programas ejecutados bajo el sistema operativo Windows en cualquiera de sus versiones, existe un comando equivalente a SUDO pero la gestión se complica aún más dado que la contraseña del administrador debe, o bien proporcionarse en el momento de la ejecución del software, o bien, ponerla en un archivo de texto. En cualquiera de los dos casos, los alumnos tienen fácil acceso a la contraseña de un usuario administrador del equipo lo cuál va en contra de las políticas de gestión de laboratorios como se comentó en la sección anterior. Por tanto, hubo que crear unos scripts almacenados en un disquete, de forma que el software se ejecutase a través del uso de dicho disquete. Esto implica que cada vez que un alumno tiene que abrir la aplicación, debe solicitarle al profesor que la abra, para que éste lo haga utilizando el disquete del que sólo él dispone. Otro inconveniente del uso del comando SUDO es que sólo permite dar permisos sobre comandos y no sobre directorios. A pesar de los inconvenientes, estas medidas nos permitieron cubrir parte de los objetivos de la asignatura, aunque quedaba aún por solucionar la parte referente a las prácticas de administración de red en diferentes sistemas operativos, ya que, los alumnos no podían configurar redes. Por último, las prácticas sobre configuración de servicios de red tuvieron que descartarse a pesar de considerarse muy importantes.

Por otra parte, durante el pasado curso lectivo, se introdujo en la titulación de Ingeniero en Informática una nueva asignatura optativa, Seguridad y Protección de Sistemas informáticos, para la cuál es si cabe más necesario que el estudiante pueda instalar, administrar y, en definitiva, disponer en exclusiva de los equipos. Además, dada la complejidad de la parte práctica de la materia para los alumnos, la probabilidad de error que perjudique a la integridad de los mismos aumenta considerablemente y, con ello, la posibilidad de inutilización del laboratorio o parte de éste para el resto de docentes y alumnos que lo utilizan.

Entre los objetivos de la asignatura de Seguridad y Protección de Sistemas Informáticos [4] se encuentran:

- Asimilar los conceptos fundamentales de la criptografía
- Ser consciente de las debilidades de la seguridad y la confidencialidad
- Conocer las distintas alternativas para aportar seguridad.

Dentro del último punto incluido en los objetivos, se considera indispensable que el alumno aprenda cómo configurar los diferentes sistemas operativos para que éstos no se puedan considerar inseguros. Para ello, es inevitable que el alumno modifique la configuración de los equipos y, en muchos de los casos, son modificaciones críticas en el sentido de que estas modificaciones necesarias para paliar las inseguridades de los equipos, pueden tener como resultado la no recuperación de los mismos.

Esta nueva variable nos forzó a buscar una solución completa tras varios cursos buscando distintos parches para que los alumnos adquiriesen los conocimientos que se consideran imprescindibles para su inminente desarrollo profesional. Por ello, el pasado curso se optó por el uso de un software para la creación de máquinas virtuales que permite emular una máquina completa en diferentes sistemas operativos.

3. Implantación, experiencia y resultados del laboratorio virtual en la Universidad Europea de Madrid.

Tras las pruebas de evaluación de los productos software con la funcionalidad requerida y que actualmente existen en el mercado, nos inclinamos por el producto VMWARE Workstation[2]. La decisión estuvo basada fundamentalmente en el alto rendimiento que éste ofrece frente a las otras soluciones probadas. El aspecto del rendimiento es crítico para el correcto funcionamiento del proceso dado que se pretende una simulación lo más cercana posible a la realidad y dado lo molesto que supone trabajar con un equipo que no responde de forma adecuada, lo cuál, puede influir de forma negativa en la concentración del alumno en el problema planteado en la práctica. VMWARE Workstation permite simular un servidor completo desde el punto de vista software para uso exclusivo del alumno. Este servidor puede ser de diferentes sistemas operativos: Microsoft Windows en cualquiera de sus versiones, Linux (kernel 2.4 y 2.6), Red Hat, Mandrake, SUSE, Solaris, Novell Netware y FreeBSD, lo cuál, permite abarcar un amplio espectro de configuraciones, además de poder montar un entorno heterogéneo completo. El sistema operativo seleccionado se instala exactamente de la misma manera que se haría en un equipo real, salvo una serie de pasos adicionales que hay que realizar al final. Una vez instalado el sistema operativo y opcionalmente los servicios o aplicaciones que se consideren necesarios, la totalidad del sistema emulado consiste en un solo fichero. Esto es otra de las ventajas fundamental de este software ya que en este tipo de entornos en los que, como se comentó con anterioridad, la probabilidad de fallo y, por tanto, de inutilización del equipo, es alta, se hace necesario el disponer de algún procedimiento de contingencia que permita una rápida resolución del problema ya que, aunque si bien es cierto que con la utilización del software de “virtualización” queda descartada la posibilidad de inutilización del equipo físico, el alumno debe poder seguir trabajando en su práctica y, sobretodo en el caso de prácticas de larga duración, sería deseable además que continuase a partir del punto lo más cercanamente posible al momento en el tiempo en el que se produjo el fallo. De esta forma, al tener toda la información en un fichero, el alumno puede mantener una copia del mismo disponible para sustituir el fichero en uso en caso de cambio. Además, el profesor puede tener una copia del archivo original para el caso en que un grupo de alumnos necesite empezar de cero.

Otra de las ventajas del uso de este tipo de software es que el alumno adquiere la conciencia de que dispone de uno o varios servidores dependiendo de la necesidad de la práctica en los que puede probar lo que quiera sabiendo que no pasa nada si lo “rompe”. Esto crea una situación de confianza total en el alumno que consideramos muy favorable para su aprendizaje.

Dado el coste que suponía la licencia del producto seleccionado, se decidió probar el funcionamiento del software realizando una compra de un número reducido de licencias y se eligió la nueva asignatura optativa anteriormente mencionada (Seguridad y Protección de los Sistemas de Información) que contaba con un menor número de alumnos. De esa forma, podríamos comprobar el grado de satisfacción de los alumnos con el producto antes de

realizar la compra definitiva del producto y antes también de implantarlo en el resto de asignaturas.

Para la implantación de la solución, se confeccionaron 2 enunciados de prácticas que los alumnos tuvieron que resolver utilizando el software de “virtualización”. Al final de la asignatura, se sondeó a través de encuestas la opinión de los alumnos con respecto al software de emulación para la realización de las prácticas obteniendo unos resultados muy positivos que pasamos a concretar a continuación.

En relación a los resultados de evaluación obtenidos, como podemos observar en la Figura 1 el índice de participación en clase, es decir, el número de alumnos No presentados, es muy bajo, mientras que el número de aprobados es muy alto(83% en total).

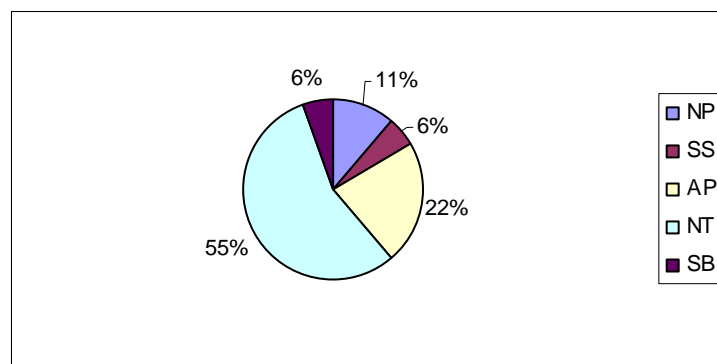
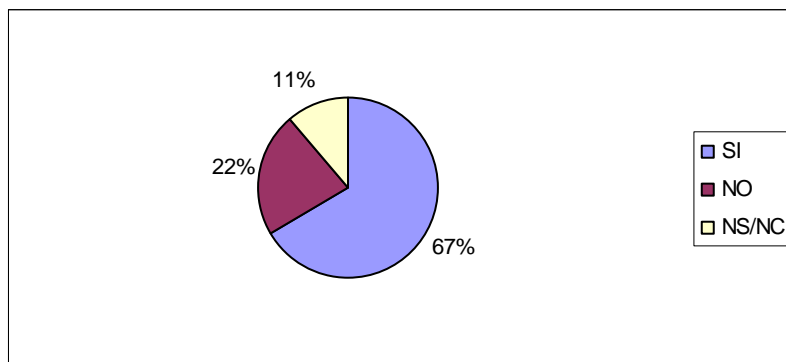


Figura 1. Resultados obtenidos en la asignatura Seguridad y Protección de Sistemas de Información durante el 2º semestre del curso 2004-2005

En lo que se refiere a las preguntas realizadas a los alumnos se han relacionado por su importancia las siguientes:

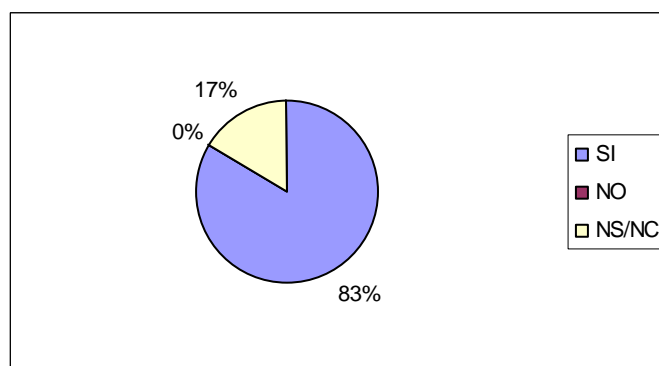
- ¿Crees que son necesarias las prácticas realizadas durante el curso para asimilar los conceptos teóricos?
- ¿Crees que es fácil el uso del software de “virtualización” utilizado como apoyo en las prácticas de la asignatura?
- ¿Crees que el uso de la aplicación te hace perder tiempo que no perderías si utilizases una máquina real?
- ¿Te parece sencillo continuar el trabajo realizado en las horas de prácticas fuera de las mismas?

En relación a la primera pregunta en la que se consultaba a los alumnos acerca de la necesidad del apoyo práctico obtenido a través de las prácticas para entender la teoría, los resultados pueden visualizarse en la figura 2. Como puede observarse la mayoría de los alumnos, un 67% del total, está de acuerdo en la necesidad de las prácticas para entender los conceptos teóricos.



**Figura 2. Resultados obtenidos como respuesta a la pregunta:
¿Crees que son necesarias las prácticas realizadas durante el curso
para asimilar los conceptos teóricos?**

En cuanto a la segunda pregunta en la que sondeábamos acerca de la facilidad de uso de la herramienta, prácticamente la totalidad de los alumnos coincidieron en afirmar que ésta es muy sencilla de utilizar como puede verse en la figura 3.



**Figura 3. Resultados obtenidos como respuesta a la pregunta:
¿Te parece fácil de usar el software virtual utilizado en las prácticas de la asignatura?**

Otra de las preguntas que nos ha parecido importante es si los alumnos perciben que pierden tiempo por utilizar el software de emulación en lugar de utilizar una máquina real. En relación a esta pregunta, la mayoría de los alumnos contestó que no aunque un gran número de ellos contestó que sí creía perder tiempo por utilizar este software en lugar de un equipo real. Para averiguar la razón por la cuál un gran número de alumnos piensa que pierde tiempo por utilizar el software de “virtualización”, se preguntó posteriormente de manera informal a los alumnos. La respuesta obtenida era que cuando intentaban seguir trabajando en sus propios equipos, éstos iban muy lentos debido a que no cumplían con los

requisitos mínimos de hardware requeridos por el proveedor del software de “virtualización”.

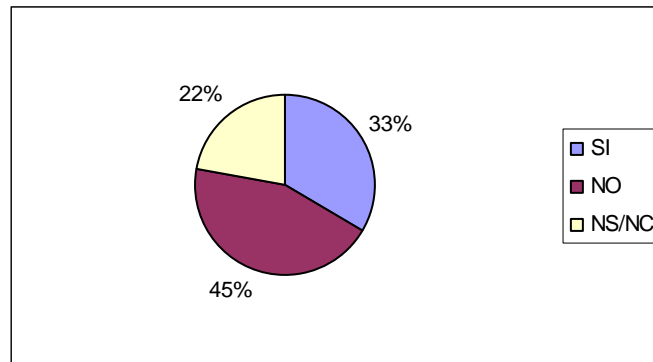


Figura 4. Resultados obtenidos como respuesta a la pregunta:

¿Crees que el uso de la herramienta te hace perder tiempo que no perderías si utilizases una máquina real?

Dentro del marco de las directrices de los nuevos planes de estudio para la convergencia europea [5], la nueva herramienta debería cumplir como uno de los requisitos que fuera viable que el alumno continuara el trabajo fuera de las horas lectivas reservadas en la asignatura a tal efecto. En ese sentido, preguntamos a los alumnos también acerca de su percepción sobre este particular. Las respuestas obtenidas pueden verse en la Figura 5. Como puede verse en las encuestas la respuesta mayoritaria es con mucha diferencia el “sí”, es decir, la mayoría de los alumnos considera que es sencillo con el software para la creación de máquinas virtuales el poder continuar su trabajo a partir del punto en el que se quedaron durante la hora de prácticas del laboratorio en otro lugar de trabajo.

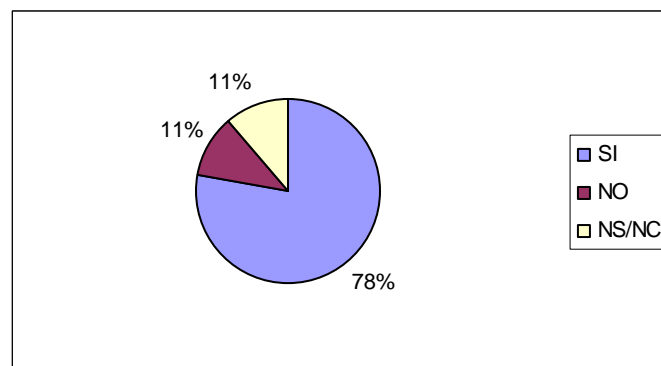


Figura 5. Resultados obtenidos como respuesta a la pregunta:

¿Te parece que el software te proporciona una manera sencilla de continuar tu trabajo fuera de clase?

Por último, se sondeó a los alumnos acerca de cuál pensaban que era el mayor inconveniente de uso del software de “virtualización”, así como, la mayor ventaja. En respuesta a la primera pregunta la mayoría de los alumnos contestaron que la mayor desventaja era el tamaño del fichero que guarda la configuración completa del sistema, dado que, si quieren continuar con la práctica fuera de las horas reservadas en la asignatura para las mismas deben copiar dicho fichero para llevárselo y el tamaño del mismo oscila entre los 2 y los 4 GBytes. Otras de las respuestas mayoritarias fue la no gratuidad del software y el bajo rendimiento del software en sus propios equipos. En cuanto a la mayor ventaja, la respuesta mayoritaria fue la posibilidad de “romper” algo y recuperar el estado anterior de forma rápida y también la facilidad para poder continuar su trabajo en otro equipo con sólo copiar el fichero de configuración a la máquina en la que se desea continuar.

4. Trabajo Futuro

Dada la buena acogida de la solución adoptada, se han comprado nuevas licencias para tener un laboratorio completo y extender así su uso a las asignaturas de Redes. Durante el próximo curso 2005-2006, se utilizará el software en las asignaturas de Redes de todas las titulaciones implicadas (Ingeniería Informática, Ingeniería Informática + ADE, Ingeniería Técnica de Informática de Sistemas, Ingeniería Técnica en Informática de Gestión, Ingeniería de Telecomunicaciones e Ingeniería de Telecomunicaciones + ADE)..

Como se trató en la sección 2, los puntos mínimos que quedaban sin cubrir antes de utilizar el software de creación de máquinas virtuales eran:

- Configuración de redes.
- Configuración de servicios de red.

Las nuevas prácticas planificadas para las asignaturas de Redes para resolver este vacío son las siguientes:

- Administración de Red en Unix y Windows; esta práctica se extenderá para que abarque la parte de configuración de redes. Para ello, el alumno podrá utilizar en su equipo distintas máquinas virtuales y deberá configurar los sistemas para que la comunicación entre ellas sea posible.
- Instalación y configuración de servicios de red: DHCP y DNS: el alumno deberá instalar un servidor y cliente en el mismo PC y configurar correctamente los sistemas para que la comunicación sea correcta siguiendo las pautas dadas en el enunciado de la práctica.

Con la implantación de dicha solución los alumnos tendrán acceso al cumplimiento de todos los objetivos que creemos necesarios para su formación en la materia a impartir.

En próximos cursos se podrán también sustituir las prácticas que actualmente se realizan con simuladores para realizarlas con el software de “virtualización”.

5. Conclusiones

Finalmente, dada la importancia que el Espacio Europeo de Educación Superior otorga a la adquisición de conocimientos prácticos para su desarrollo en la futura actividad profesional del estudiante, en la Universidad Europea de Madrid, hemos optado por buscar métodos que hagan posible que ciertas prácticas necesarias para alcanzar dichos objetivos convivan con estrictas políticas de gestión de los laboratorios por otra parte necesarias para el correcto funcionamiento de los mismos.

En este sentido en el Área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Escuela Superior Politécnica hemos implantado un método a través del uso de software de “virtualización” de equipos que permite el desarrollo de las prácticas de administración de sistemas, redes y seguridad a través de las cuales el alumno podrá desarrollar los conocimientos necesarios para su inminente entrada en el mundo profesional.

Es importante subrayar que el entorno creado con el software de “virtualización” sea simulado no significa que no se esté trabajando de forma idéntica a como se hace en entornos reales o no virtuales. De hecho, este software se utiliza actualmente en gran número de empresas para el trabajo en entornos de desarrollo y pruebas, lo cuál, supone otra ventaja añadida para el alumno que posiblemente se encuentre de nuevo con este software en su entorno laboral y que conozca como usarlo o incluso que para desarrollar su actividad profesional pueda serle de utilidad este tipo de software y puede recomendar la adquisición del mismo.

El hecho de que el entorno creado consista en un fichero por equipo utilizado hace que este método sea robusto y fácil de replicar. De esta forma, el alumno perderá una mínima cantidad de trabajo en caso de fallo y, además, podrá fácilmente llevar la configuración de la práctica a otro equipo para seguir trabajando en horas fuera de las lectivas dedicadas al efecto.

Referencias

- [1] Normativa de utilización de laboratorios de la Universidad Europea de Madrid. <http://www.uem.es>. Julio 2005.
- [2] Página Oficial de VMWARE. <http://www.vmware.com>. Julio 2005.
- [3] Página principal de los servicios informáticos de la Universidad Europea de Madrid. <http://www.uem.es/servicios-universitarios/tic/>. Julio 2005.
- [4] Página Web de la Escuela Superior Politécnica, Universidad Europea de Madrid. Julio 2005. <http://www.uem.es/esp>. Julio 2005.
- [5] ANECA, Los estudios de informática y la convergencia europea, 2004.