

## *Batalla de prácticas, una estrategia para el trabajo de laboratorio que refleja el mundo real*

**Xabiel G. Pañeda, David Melendi, Roberto García, Raquel Blanco, Sergio Cabrero**

Departamento de Informática, Universidad de Oviedo  
Campus de Viesques, s/n, 33204, Xixón, Asturias, Spain  
{xabiel, melendi, garciaroberto, rblanco, cabrerosergio}@uniovi.es

**Resumen:** Uno de los elementos de aprendizaje más importantes en las carreras técnicas es el trabajo de laboratorio. En él, los estudiantes aprenden a desarrollar tareas similares a las que les esperan en el mundo profesional. Estas actividades ayudan a fijar los conocimientos teóricos y conseguir ciertas habilidades transversales muy importantes en el trabajo real. En este artículo se presenta una experiencia para organizar prácticas de laboratorio muy asemejada al entorno profesional competitivo y lleno de riesgos. El objetivo será poner en situación al alumno y añadir al propio desarrollo de la práctica componentes que se encontrarán en su trabajo cotidiano. Adicionalmente, la técnica aplicada tratará de aumentar la motivación y de disminuir la posibilidad de copia de los trabajos desarrollados.

**Palabras clave:** Prácticas de laboratorio, innovación docente, servicios de Internet.

**Abstract:** Laboratory classes are one of the most important learning elements in technical degrees. In these classes, the students learn while carrying out activities similar to those they will encounter in a professional environment. These activities help to strengthen theoretical principles while allowing the students to develop certain skills which will be very useful for their careers. In this paper we present an experience in the organization of laboratory classes very close to real professional environments: full of competitiveness and risks. The goal is to establish an initial point of development for the students and adding further components similar to those they will find in the future. Also, the applied technique tries to increase the motivation of the students and, at the same time, decrease the possibility of cheating.

**Key words:** Laboratory assignments, Internet services.

## 1. Introducción

Uno de los elementos básicos de aprendizaje en las enseñanzas técnicas es el trabajo de laboratorio, también conocido como prácticas. En ellas el estudiante realiza, en un entorno controlado y con ciertos límites, tareas muy parecidas a las que desarrollará en su actividad profesional futura. Esa similitud, puede conferirle las capacidades de análisis, trabajo en grupo, comunicación oral y escrita, además de fijar sus conocimientos técnicos. Mantener un desarrollo equilibrado y paralelo de conocimientos teóricos y prácticas de laboratorio aumentará las posibilidades del futuro ingeniero de triunfar en su carrera profesional.

Este artículo presenta una experiencia desarrollada en asignaturas de las carreras de Ingeniería Técnica en Informática e Ingeniería de Telecomunicación dentro del campo de los servicios de Internet (web, audio/vídeo streaming, DNS, telnet, etc.) En ella, se propone un método para el desarrollo de prácticas que trata de asemejarse lo más posible a un entorno real, buscando la motivación del alumno y tratando de evitar un gran problema dentro de la evaluación de los trabajos prácticos, como es el de la copia.

La idea será crear un entorno de trabajo donde los grupos compitan entre sí asemejándose al papel que juegan los desarrolladores de servicios y los cracker que intentan manipular los mismos. Compuesto de varias fases, este método al que denominamos “batalla de prácticas”, estimulará la competencia, la observación, el análisis del entorno y la búsqueda de diseños robustos.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma. En la sección II se comentan los trabajos relacionados. La sección III describe el diseño de la batalla de prácticas, definiendo los roles, el planteamiento y el desarrollo temporal. El proceso de evaluación se define en la sección IV. El desarrollo práctico de la propuesta y los resultados obtenidos con la misma se comentan en la sección V. Por último, las conclusiones y los trabajos futuros se describen en las secciones VI y VII.

## 2. Trabajos Relacionados

A pesar de que la clase magistral es el modelo predominante en la enseñanza actual, existen propuestas de otros métodos para desarrollar las clases y evaluar a los estudiantes. Algunos, como pueden ser el aprendizaje activo [Bonwell y Eison 91], las buenas prácticas educativas [Chickering y Gamson 87] o el aprendizaje basado en problemas [Barrows y Tamblyn 80], sugieren que el alumno debe ir más allá del simple espectador. Por ejemplo, mediante la lectura de materiales adicionales, la discusión con los compañeros, la cooperación o la resolución de pequeños proyectos y casos reales. De esta forma, se intenta que los alumnos progresen en su conocimiento sobre la materia, siendo capaces de conquistar los sucesivos niveles de aprendizaje definidos en la taxonomía de Bloom [Bloom et al. 56]. Otras propuestas [Hilborn 94] ahondan en los beneficios del trabajo en equipo en estudiantes de ingeniería, ya que les permite adaptarse al ambiente que encontrarán en sus futuros trabajos. En [Pimmel 03] se va más allá, analizando diversos métodos que los docentes pueden emplear para el seguimiento y evaluación de los alumnos, por ejemplo la co-evaluación o los informes periódicos.

El uso de casos reales para motivar a los estudiantes de enseñanzas técnicas es una práctica común. Ya en 1966 Beakley [Beakey y Price 66] proponía la realización de una competición de diseño en el primer año de los estudios de ingeniería. De este modo, los estudiantes adquirirían desde el primer momento una perspectiva real sobre su futuro profesional. Más recientemente, han surgido interesantes propuestas sobre organización de cursos y prácticas de laboratorio basadas en proyectos en grupo, aprendizaje autónomo o competición. En la Universidad de Detroit [Paulik y Krishnan 01], se propone a los alumnos de un curso la construcción de coches inteligentes para, posteriormente, ser presentados a una competición real. Por otro lado, el programa EPICS [Coyle et al. 05] propone a equipos multidisciplinares de universitarios realizar proyectos para entidades sin ánimo de lucro. Sus promotores afirman que ha sido valorado por los estudiantes muy positivamente. En el sistema universitario español también existen propuestas interesantes, como la enseñanza de aspectos de robótica móvil [Angulo et

al. 06] mediante proyectos de distinta duración, integrados en asignaturas y proyectos fin de carrera.

En áreas de conocimiento más cercanas a este artículo existen algunas experiencias, especialmente en el ámbito de la seguridad de la información. Cabe destacar el CyberDefense Exercise (CDX) [Schepens y James 03], organizado por academias militares estadounidenses. Los alumnos deben gestionar una red y sus recursos, mientras son sometidos a ataques e imprevistos. La capacidad de mantener los servicios de esa red activos determina el ganador, pero todos los alumnos lo consideran una gran experiencia de aprendizaje. A raíz de este éxito, experiencias similares han sido recreadas también en el entorno universitario [Conklin 07].

La “batalla de prácticas” se apoya en los métodos de aprendizaje expuestos, los principios para el trabajo en grupo y algunas características de la organización de las prácticas relatadas. Se propone una experiencia muy similar a las del mundo profesional y se intenta motivar a los alumnos para que progresen por sí mismos e incentiven su creatividad. Además, se utiliza el espíritu de competición visto en otros trabajos, pero poniendo a varios grupos de alumnos enfrentados en dos bandos con distintas finalidades, lo que consideramos novedoso respecto a trabajos previos y una motivación adicional para los alumnos.

### 3. Diseño

A nivel general puede decirse que la “batalla de prácticas” es una forma de realizar trabajos de laboratorio por grupos en la que estos compiten entre sí. Para llevar este objetivo a cabo se estructurará en diferentes fases de desarrollo y contendrá en las que los alumnos prueban unos sistemas contra otros.

El proceso de evaluación combinará aspectos relacionados con la calidad técnica, el éxito conseguido en las contiendas y la presentación del trabajo, analizados por el profesor, con una co-evaluación realizada entre los miembros de cada uno de los grupos.

Para buscar la motivación del alumno se rodeará toda la actividad de un ambiente muy “peliculero”. En la

figura 1 puede observarse una de las transparencias para la presentación de la actividad en clase.

## Grupos

### • Buenos (defensores de la justicia y el honor)

- Desarrollan un servicio de votación por Internet
  - 4 opciones
- Deben de tener en cuenta que Internet está lleno de gente malvada que van a intentar reventar su sistema



### • Malos (son despiadados y muy muy malos)

- Desarrollan un servicio para tratar de manipular votaciones por Internet
- Deben de tener en cuenta que los desarrolladores de los servicios implementan métodos para evitar las manipulaciones



Figura 1. Presentación a los alumnos de la batalla de prácticas

### 3.1. Roles

El primero de los pasos a la hora de preparar una batalla de prácticas será dividir los alumnos en grupos. El tamaño de los grupos dependerá de la dificultad del trabajo propuesto, si bien, resulta muy común definirlo en torno a cuatro o cinco personas [Hackman y Vidmar 70].

Estos grupos podrán asumir dos tipos de roles a los que hemos denominado buenos (B) o Clint Eastwood y malos (M) o Lee Van Cleef. La razón para utilizar esta nomenclatura es captar en cierta medida el interés del alumno. Tanto si conocen la película “El bueno, el feo y el malo” de la que se han extraído los personajes, como si no, se busca conseguir en ellos una motivación especial. Si fuera necesario podría generarse un ambiente jocoso dejando el personaje del feo para el profesor.

### 3.2. Planteamiento

El planteamiento de la batalla de prácticas resulta bastante sencillo. Por un lado los grupos buenos diseñarán, implementarán y desplegarán un servicio siguiendo unas especificaciones técnicas que definen ligeramente la funcionalidad y una interfaz. Por otro lado, los grupos denominados como malos, crearán un sistema capaz de llevar al caos al servicio desarrollado por los grupos buenos o simplemente hacer que éste produzca resultados no esperados.

Todos los sistemas de los grupos buenos se probarán contra los de los malos. De esta forma el proceso se asemejará a la realidad, donde un servicio tiene que estar preparado para soportar ataques de diferentes tipos y un atacante diseña un sistema para atacar a servicios desarrollados con características diferentes.

### 3.3. Objetivos

Este método de desarrollo de prácticas pretende alcanzar dos tipos de objetivos. Por un lado los técnicos y por otro el del desarrollo de competencias transversales. Así, los objetivos técnicos persiguen conseguir que los alumnos aprendan las técnicas para desarrollar un sistema teniendo en cuenta aspectos de seguridad y evolución. En cuanto a las competencias o habilidades horizontales, se pretenden desarrollar, en las diferentes fases del proceso, las que siguen:

- Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica. Será necesario aplicar a un entorno práctico los conocimientos teóricos estudiados en la asignatura.
- Capacidad para organizar y planificar el tiempo. Los estudiantes deberán organizar su trabajo ya que el sistema solamente establece un conjunto de hitos. La asistencia a las sesiones presenciales es libre. Además los alumnos pueden elegir el horario de las mismas.
- Comunicación oral y escrita. Los alumnos deberán entregar una serie de informes y realizar una presentación al finalizar el trabajo.
- Capacidad de investigación. Puesto que no se les da un diseño del sistema que deben de construir, deberán investigar observando otros disponibles.
- Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. Las fuentes de información de las que se pueden valer para desarrollar el sistema pueden ser muy diversas. Desde otros sistemas similares en funcionamiento, estándares, tutoriales, etc.
- Capacidad para tomar decisiones. A lo largo del desarrollo de la práctica los alumnos deberán tomar muchas y variadas decisiones sobre qué elementos incluir, con qué tecnología desarrollar, cómo evaluar el sistema, etc.
- Capacidad para el trabajo en equipo. Puesto que la práctica se desarrolla en equipo será necesario

trabajar esta competencia.

### 3.4. Desarrollo Temporal

La práctica se desarrollará en varias fases, tal y como se muestra en la figura 2.

En la primera, denominada fase de desarrollo ciego, los estudiantes desarrollarán su sistema basándose en una especificación proporcionada por el profesor. La razón para esto, es tener una interfaz común que posibilite que todas las prácticas se prueben contra todas. El nombre de esta fase se debe al hecho de que ninguno de los equipos conoce lo que están haciendo los grupos contrarios, a parte de la interfaz proporcionada por el profesor. Esta situación trata de simular el entorno de competencia del mundo profesional, donde se desconoce qué diseños están utilizando los competidores y mucho menos los posibles boicoteadores. La clave para evitar que los grupos se filtren unos a otros sus diseños es que eso haría que fracasaran en la fase de contienda posterior. Puesto que el éxito será uno de los factores que intervendrán en la nota del trabajo, evitarán compartir información. En esta fase los grupos tendrán que tomar decisiones funcionales (definiendo las capacidades de su sistema), de diseño (diseño arquitectónico y de medidas de seguridad del sistema) y tecnológicas (seleccionando las tecnologías con las que se va a implementar). Al finalizar esta fase los alumnos presentarán una pequeña memoria (2-3 páginas) comentando la solución técnica adoptada. Se trata del primero de los informes periódicos que se utilizarán para el seguimiento, tal y como se sugiere en [Pimmel 03].

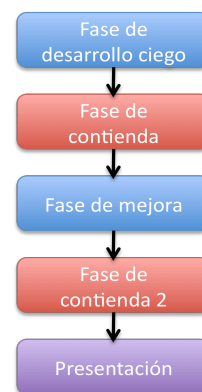


Figura 2. Fases de la Batalla de prácticas

Una vez finalizada la fase de desarrollo ciego se iniciará un proceso de evaluación. Esta fase la denominamos fase de contienda porque los grupos buenos serán atacados por los grupos malos. En este momento los equipos de los malos tendrán que inferir las medidas utilizadas por los buenos mediante técnicas de ingeniería inversa. Por otro lado, los buenos deberán observar la evolución de sus sistemas, intentando averiguar los mecanismos utilizados por los malos para efectuar los ataques. Durante este periodo los grupos buenos se limitarán a monitorizar sus sistemas para aprender de lo ocurrido. Esta información permitirá a los alumnos obtener una visión preliminar sobre los conocimientos adquiridos, lo que se considera una buena práctica en el proceso educativo [Chickering y Gamson 87]. Al finalizar esta fase los alumnos generarán un informe (2-3 páginas) indicando los resultados de la contienda.

Con la información recabada en la fase anterior los grupos podrán comenzar el diseño de mejoras. Estas mejoras se realizarán sobre copias diferentes a las que están accesibles al resto de los grupos. De esta forma el proceso de mejora será también parcialmente ciego, ya que se desconoce qué modificaciones están realizando el resto de los grupos.

Tras la fase de mejora se producirá la fase de contienda definitiva. En ella se publicarán los nuevos sistemas desarrollados por los grupos buenos para que los malos puedan probar sus propios sistemas. Al igual que en la fase de desarrollo ciego los grupos buenos no podrán hacer mejoras, ya que esto desconcertaría a los equipos malos que podrían encontrarse que una solución que funcionaba ayer hoy ha dejado de ser válida. A pesar de que esta limitación aleja la práctica de un entorno auténticamente real, se impone para evitar el caos que podría generarse al entrar en una dinámica de mejora en caliente. Podría darse el caso de que los grupos estuvieran haciendo cambios mientras son atacados, alcanzando un punto de estrés que va más allá de los objetivos del trabajo, aunque sea muy real. Al terminar la fase se presentará un informe similar al de la contienda anterior indicando las mejoras realizadas y los resultados y conclusiones obtenidos.

La última fase de la batalla de prácticas será la de presentación. En ella los grupos presentarán durante 10 minutos el diseño técnico de la solución adoptada y si lo creen conveniente opciones evaluadas, descartadas y posibles mejoras que no ha sido viable implantar. Al acabar se procederá con un turno de preguntas tanto del profesor como del resto de los alumnos de la asignatura. El objetivo de esta fase será compartir el conocimiento adquirido, posibilitando el ver el porqué de los fallos, elementos no considerados o simplemente otras soluciones totalmente diferentes. Se pretende así que los alumnos sean capaces de juzgar y discutir otras soluciones, el nivel más alto en la taxonomía de Bloom [Bloom et al. 56].

#### **4. Evaluación**

El proceso de evaluación consistirá en una composición de valoraciones generadas en cada una de las fases de la “batalla”. De todas ellas, parte serán establecidas por el profesor y parte por los propios alumnos. De esta forma, al terminar la primera fase de contienda se analizarán tanto los resultados como la validez y la justificación de la solución técnica. Es decir, si se ha conseguido o no manipular el servicio en el caso de los Malos, y al revés para los Buenos. Puesto que evaluar solo por este criterio podría ser injusto, ya que una solución buena puede ser vencida por otra mejor/excelente, se valorará tanto la solución técnica, como el análisis desarrollado para llegar a la misma. Además se premiará el esfuerzo realizado.

Al finalizar la segunda fase de contienda, se utilizará el mismo criterio, pero en este caso teniendo en cuenta fundamentalmente la capacidad de mejora del equipo. A estas notas establecidas por el profesor se le añadirán otras dos establecidas por un tribunal y por los miembros del equipo evaluado. Un tribunal de tres profesores ajenos a la asignatura califica la presentación final del trabajo y la respuesta a las preguntas posteriores. El objetivo será evaluar cómo los alumnos son capaces de presentar su solución a personas que no han seguido el desarrollo del trabajo.

La nota se complementará con un proceso de co-evaluación similar al discutido en [Pimmel 03], ya que se considera un elemento adicional de motivación para los alumnos [Valero-García y Díaz de Cerio 05], que intentarán esforzarse ante sus compañeros. Cada

alumno dispondrá de 5 puntos a asignar a cada miembro del grupo. Por ejemplo, si el grupo tiene 5 miembros dispondrá de 25 puntos. Dichos puntos podrán ser distribuidos entre los miembros de forma individual con un máximo de 10. De esta forma si dos de los estudiantes tienen dos 10 solo quedarán 5 puntos para repartir entre el resto.

Puesto que por lo general los estudiantes se toman muy en serio los criterios de evaluación, la nota final también puede convertirse en un elemento adicional de motivación. Por ello, es muy importante que queden claros desde el principio y que, además, el resultado final refleje el trabajo que han desarrollado en la realización de la práctica. Así, para evaluar la calidad de los trabajos realizados por cada uno de los grupos de trabajo, se propone una rúbrica como la que se indica en la tabla 1. En ella han de constar todos los aspectos relevantes en cada una de las fases de la batalla de prácticas.

**Tabla 1.** Ficha de Evaluación del Profesorado

Criterio	Excelente (3 pts)	Bien (2 pts)	Regular (1 pts)	Mal (0 pts)	Puntuación (0-3 puntos)
A. Solución técnica					
B. Resultados contienda					
C. Adecuación tiempos					
D. Capacidad de mejora					
E. Presentación pública					
F. Conclusiones					
Total Grupo = $10/3*(0.2*A+0.2*B+0.1*C+0.2*D+0.2*E+0.1*F)$					0-10 puntos

Para la realización de la co-evaluación se indicará a los alumnos que rellenen una ficha como la que se muestra en la tabla 2, indicando un límite máximo de puntos por miembro de 10.

**Tabla 2.** Ficha de co-evaluación

Alumno	Puntos alumno 1	...	Puntos alumno 5	Media Co-evaluación
Alumno 1		...		
...		...		
Alumno 5		...		
TOTAL	25	25	25	25

Con esto, la nota final de cada alumno, limitada a 10 puntos, quedará determinada por el trabajo del grupo complementada por la valoración individual de su esfuerzo y dedicación por parte de los compañeros:

$$\text{Nota final} = \text{Total grupo} + \text{Co-evaluación} - 5$$

## 5. Desarrollo Práctico

La técnica de la batalla de prácticas se ha llevado a cabo durante el curso 2008-2009 en las asignaturas de Redes de Computadores de los estudios de Ingeniería de Telecomunicación y Servicios de Comunicaciones de los de Ingeniería Técnica en Informática (Universidad de Oviedo), cuyas características se muestran en la tabla 3. El programa de estas asignaturas se centra en los protocolos y servicios del nivel de aplicación de la pila TCP/IP. Entre los numerosos existentes se estudia, HTTP y los servicios web, RTSP y los servicios de audio/vídeo streaming, DNS, telnet, e-mail, etc.

**Tabla 3.** Asignaturas

Asignatura	Redes de Computadores	Servicios de Comunicaciones
Estudios	Ing. Telecomunicación	Ing. Téc. Informática
Curso	4º	3º
Créditos	7,5 (4,5Teoría+3Prácticas)	4,25 (3,25Teoría+1Prácticas)
ECTS	6,5	4
Prácticas	2 horas semanales	1,5 horas cada dos semanas
Realización del trabajo práctico	Opcional	Obligatorio
Tipo	Troncal, cuatrimestral	Cuatrimestral, obligatoria en la especialidad de Sistemas y optativa en la de Gestión
Nº Alumnos	67	69

### 5.1. Ejercicio Propuesto

Para analizar el funcionamiento de esta estrategia de planteamiento y evaluación de prácticas se ha propuesto a los alumnos de ambas asignaturas un ejercicio a realizar en los cuatro meses de duración de las mismas.

El ejercicio consistirá en el desarrollo de un servicio de votación por Internet para los grupos B, y de un sistema de votación automática para los grupos M capaz de manipular los votos del sistema desarrollado por los grupos buenos.

El sistema de votación será abierto, es decir, no será necesario introducir usuario y clave, similar al que utilizan los periódicos digitales, y deberá permitir la participación del mayor número de internautas posibles. La idea es que éste no sea algo totalmente restrictivo que únicamente permita, por poner un ejemplo, votar a un usuario por subred. Para

concretar un poco más cómo debe de ser el sistema se les sugerirá un servicio como referencia. En este caso hemos seleccionado el del periódico digital la Opinión de A Coruña por tener un nivel de complejidad adecuado. En la figura 3 se muestra un ejemplo de votación.

Aunque en un entorno completamente real los alumnos del grupo M deberían descubrir por su cuenta las URLs, CGIs y parámetros del sistema de votación, en este caso se proporcionará una interfaz para facilitar el trabajo y conseguir compatibilidad entre las prácticas. Así, será posible probar el funcionamiento de todos los B contra todos los M.



Figura 3. Sistema de votación de la Opinión de A Coruña

El código base proporcionado será el siguiente:

```
<html>
<head>
<title>Sistema de votación</title>
</head>
<body>
<h2>Vote por una de las opciones:</h2>
<form name="formulario" method="post"
action="xxx">
  <input type="radio" name="voto"
value="opcion1"/>Opción 1<br/>
  <input type="radio" name="voto"
value="opcion2"/>Opción 2<br/>
  <input type="radio" name="voto"
value="opcion3"/>Opción 3<br/>
  <input type="radio" name="voto"
value="opcion4"/>Opción 4<br/>
  <input type="reset" name="reset"
value="Limpiar"/>
  <input type="submit" name="enviar"
value="Enviar"/>
</form>
</body>
</html>
```

## 5.2. Objetivos

Además de los objetivos en el campo de las competencias transversales presentadas en la sección III.C, en este ejercicio se han planteado los siguientes objetivos técnicos:

- Conocer con profundidad el protocolo HTTP (peticiones, cabeceras, etc.)
- Conocer el uso de cookies, sesiones y elementos para la obtención de información sobre el cliente que accede al servicio.
- Analizar los peligros y fraudes a los que están sometidos los servicios de Internet.
- Alcanzar unas nociones básicas en el campo del desarrollo de servicios Web.
- Alcanzar algunas nociones sobre técnicas de monitorización y forenses.
- Entender la necesidad de mantener un equilibrio entre la búsqueda de seguridad (introducción de restricciones a los atacantes) y el éxito del servicio (facilitar el voto a los usuarios legítimos).

## 5.3. Material

Para el desarrollo del trabajo los alumnos pueden utilizar cualquier tipo de tecnología y desplegarla en el servidor(es) que crean conveniente. Adicionalmente, se instalarán 3 equipos para que puedan utilizarlos si lo creen conveniente. De estos tres equipos, el primero será un servidor con sistema operativo Linux, que tendrá disponible un servidor Web Apache (incluido PHP), un sistema de gestión de bases de datos MySQL y JVM. Por otro lado, el segundo será un servidor DHCP, que permitirá asignar direcciones dentro de un rango a equipos de su misma subred. Finalmente, el tercero será un equipo dotado de JVM y configurado para obtener su dirección IP mediante el servidor DHCP.

## 5.4. Desarrollo de la Práctica

### 1) Primera sesión

En la primera sesión los alumnos todavía no sabían qué papel iban a asumir en la batalla. La idea era jugar un poco al desconcierto. Así que el profesor

llegó al aula y se sentó, dedicándose a sus cosas sin dar ninguna explicación. Por lo general los alumnos, que están acostumbrados a prácticas de laboratorio guiadas, se dedicaron a navegar por Internet esperando a que el profesor se levantara y diera alguna indicación. Pasado un tiempo, bien porque los alumnos preguntaron o bien porque el profesor creyó que la espera fue suficiente, éste se levantó y preguntó “¿cómo va la práctica?”. Este hecho sorprendió un poco a los alumnos, que en su mayoría respondieron que no sabían por donde empezar. Para asociarlo al mundo profesional real se les indicó que este trabajo era como un proyecto que les pudieran encargar una vez titulados. De este modo una vez recibido el encargo lo primero sería:

- 1 Analizar si existen sistemas similares en el mercado a lo que se solicita.
- 2 En caso de existir, cómo funcionan, tecnologías existentes, problemas que tienen, etc.

Para el caso particular de votaciones por Internet la pregunta podría ser “¿Sabéis cómo funciona un sistema de votaciones Web?, pues ese es el primer punto por el que hay que empezar. Buscad periódicos que tengan encuestas y echad un vistazo. Luego podéis seguir buscando a ver si existen explicaciones de cómo funcionan y qué problemas tienen”. La lección a aprender de esta sesión, debería ser que siempre al empezar un proyecto la primera tarea es documentarse.

Al finalizar la primera sesión se procede a asignar el rol a cada uno de los grupos a través de un sorteo.

## 2) Sesiones en la fase de desarrollo ciego

Superando el desconcierto inicial, los alumnos comenzaron a analizar servicios Web de diferentes medios de comunicación tratando de seguir las recomendaciones dadas en la primera sesión por el profesor.

Una vez dotados de los conocimientos suficientes, los equipos B intentaron reproducir alguno de los servicios que han analizado conservando la interfaz normalizada proporcionada por el profesor.

Mientras tanto, los equipos M, se centraron en la recuperación y estudio de los mensajes intercambiados entre clientes y servidores utilizando

diferentes tipos de sniffers. Con la información obtenida fueron creando sus propios programas cliente. En su mayoría el lenguaje utilizando fue Java y el método de comunicación librerías de sockets (que conocen de cursos anteriores) o de gestión de conexiones HTTP (descubiertas durante la búsqueda de información). Fijándose en la información obtenida con los sniffers, generaron peticiones HTTP y procesaron las respuestas. Como método de evaluación y puesto que todavía no podrían probarlos con los servicios de los grupos buenos, algunos decidieron intentar votar con sus programas en servicios comerciales. Los resultados fueron dispares. En algunos casos consiguieron generar votos y en otros no. En todo caso pudieron observar efectos como:

- Que la mayoría de servicios introducen cookies en el cliente para controlar la repetición del voto.
- Que existen sistemas que permiten votar un número limitado de veces desde la misma IP y otros que permiten votar solo una vez.

Al finalizar la fase de desarrollo ciego los diferentes grupos entregaron las memorias donde describían las soluciones adoptadas.

Algunos de los diseños por los que optaron los grupos B fueron los siguientes:

- Diseño 1. Cuando el usuario entra en la página del sistema de votación, se genera una cookie que se envía al usuario. En ella se introduce una marca horaria y se codifica combinándola con la dirección IP (MD5). En ese mismo momento se crea una sesión con un conjunto de variables con valores aleatorios. Dichos valores se incluirán en la URL del atributo action del formulario de votación. Cuando el usuario intente realizar la votación se comprobará si los valores de la cookie y los de la URL son los almacenados previamente por el sistema. En caso de coincidir se chequeará si dicha dirección IP ha sido previamente vetada. En caso afirmativo se rechaza el voto y en caso negativo se computa el voto y se marca la dirección como vetada. Este veto se mantendrá durante un tiempo determinado.
- Diseño 2. Cuando un usuario entra en el sistema se busca la dirección IP de la que procede. Si la petición viniera de un proxy se buscaría la



dirección original. En caso de estar dicha dirección registrada el voto no será tenido en cuenta. El bloqueo de dicha dirección se mantendrá durante un tiempo determinado.

- Diseño 3. Cuando un usuario entra en el sistema por primera vez se genera una cookie con un tiempo de vida determinado, y se obtiene y almacena la dirección IP. Si la cookie ya existía o la dirección IP ya había sido empleada en una votación previa tenida lugar en un cierto periodo de tiempo, el voto es desechado.
- Diseño 4. Cuando un usuario entra en el sistema se obtienen la dirección IP y los valores de ciertas variables de entorno de la máquina cliente, en este caso, número de puerto de conexión y versión del navegador. El sistema almacena estos datos para desechar votos que procedan de un usuario que presente valores ya registrados.

Los grupos M optaron por diseños como:

- Diseño A. El sistema ignora las cookies y enmascara su dirección IP utilizando proxys. Maneja dos listas, una con los proxys que permiten realizar la votación y otra con aquellos que no dan buenos resultados, para evitar su uso posterior. El ataque se automatiza mediante un programa que simula ser un navegador, utilizando para ello el envío de peticiones HTTP.
- Diseño B. El sistema maneja dos tipos de cookies. Las primeras son las de sesión que se recogen a la entrada del sistema y luego se envían al votar. Las segundas son las de veto, que se eliminan una vez se ha votado. Adicionalmente, el sistema enmascara su dirección IP utilizando proxys. Se introducen también cabeceras indicando tipos de navegadores variados y se temporizan las peticiones.

### 3) Sesiones en la fase de contienda

En la fase de contienda la mayoría de los grupos M aplicaron un método de dos etapas. La primera se centraba en realizar peticiones a los servicios B desde navegadores y monitorizar las respuestas mediante analizadores de protocolos. En la segunda, con las conclusiones obtenidas en la etapa anterior, configuraron los parámetros de sus aplicaciones de ataque para intentar votar de forma automática. En algunas ocasiones el resultado del ataque fue positivo

y en otras no, a pesar de que consiguieron averiguar algunas medidas de protección de los servicios B.

Por otro lado, algunos grupos M se aprovecharon del hecho de tener acceso al servidor donde estaban localizados los servicios de los grupos B. Así, algunos estudiaron el contenido de los ficheros fuente para ver las medidas de protección que utilizaban los grupos B. Incluso en algunas ocasiones, optaron por escribir directamente en el fichero de datos o en la base de datos en los que se guardaban los votos. Otros M también aprovecharon esta circunstancia para realizar un ataque accediendo a la información de sesión, que estaba almacenada en el directorio por defecto.

Además de falsear los resultados de las votaciones, también se llevaron a cabo ataques por denegación de servicio sobre aquellos sistemas que se bloqueaban durante un tiempo para evitar votaciones masivas y fraudulentas en dicho periodo.

### 4) Sesiones en la fase de mejora

En la fase de mejora los grupos B analizaron los resultados de su encuesta y la información almacenada en sus bases de datos. En algunos casos este análisis puso de manifiesto diversos errores en la implantación final de sus sistemas, lo que permitía a los atacantes realizar el sabotaje sin tener que enfrentarse a las medidas de seguridad que se habían diseñado en la fase de desarrollo ciego.

Además de solucionar los problemas de implementación observados los grupos B incorporaron una serie de mejoras, entre las que se encuentran las siguientes:

- Mejora 1. El sistema lleva a cabo una comprobación de la dirección IP desde la que se realiza el voto en cada uno de los pasos seguidos desde la entrada del usuario en el sistema hasta la contabilización.
- Mejora 2. El sistema incorpora una protección mediante cookies, impidiendo realizar el voto si son borradas y bloqueando de forma temporal la dirección IP desde la que se lleva a cabo la votación.
- Mejora 3. El sistema implementa el control de acceso a través de sesiones de usuario y genera una clave para garantizar que la votación se

realiza desde su página principal.

- Mejora 4. El sistema establece un filtro basado en la dirección IP, ignorando los votos que en un cierto periodo de tiempo vayan destinados a la misma opción y estén originados desde una dirección IP con los dos primeros bytes iguales. También implementa un filtro basado en el tiempo de acceso, eliminando votos que se produzcan sobre la misma opción en un intervalo de tiempo muy corto.
- Mejora 5. El sistema incorpora diversas variables de entorno de la máquina del cliente para establecer un filtro basado en el porcentaje de valores similares de estas variables en votaciones hacia una misma opción.
- Mejora 6. El sistema no presenta los votos de forma inmediata, sino que los almacena de forma temporal y no visible durante un periodo de tiempo. De forma periódica, aplica un filtro que detecta patrones en los votos temporales, eliminando los que parecen fraudulentos y pasando los otros al estado definitivo.
- Mejora 7. Cuando se detectan situaciones anómalas, el sistema no informa sobre esta circunstancia, sino que presenta resultados que parecen correctos pero que en realidad no lo son.

Por otro lado, los grupos M han incorporado sus propias mejoras entre las que se encuentran las que siguen:

- Mejora A. El sistema genera peticiones que parecen proceder de un proxy, falseando las direcciones IP originales sobre las que éste informaría. En primer lugar eligiendo una subred y generando direcciones IP consecutivas y posteriormente generando direcciones IP aleatorias dentro de un conjunto de rangos determinado.
- Mejora B. El sistema se comporta como un navegador convencional utilizado por un usuario humano. Se hace una petición inicial, se espera un tiempo de reflexión de un supuesto usuario humano y luego se realiza la votación. Transcurrido un periodo de tiempo determinado se repite el proceso.
- Mejora C. Los sistemas de votación incluyen en sus peticiones HTTP cabeceras que han sido extraídas de peticiones reales, enviando toda la información que enviaría un navegador

convencional.

## 5) Presentaciones

En esta sesión, cada grupo preparó una presentación de entre cinco y diez minutos en la que expuso la solución desarrollada y los resultados obtenidos. Después de cada presentación se abrió un turno de palabra para preguntar o hacer comentarios. Si bien las presentaciones fueron interesantes, fue el debate posterior el que más enriqueció la sesión. Explicaciones de cómo se realizaron los ataques y cómo se encontraron los puntos débiles salieron a la luz. Además, durante esta sesión, gracias al aprendizaje de las técnicas empleadas por otros grupos los alumnos sugirieron mejoras a los diseños desarrollados, tanto propios como de otros grupos, que inicialmente no se habían planteado. Como regla general puede decirse que todos los grupos fueron muy participativos. El ambiente fue distendido excepto en casos puntuales.

## 6. Conclusiones

Una vez finalizada la aplicación de la técnica que aquí presentamos se han obtenido las siguientes conclusiones que, a nuestro juicio, son positivas:

- En la asignatura de Redes de Computadores de la carrera de Ingeniería de Telecomunicación los trabajos prácticos son optativos como hemos indicado anteriormente. Es decir, los alumnos no necesitan realizarlos para aprobar la materia. La aplicación de la técnica de la “batalla de prácticas” ha producido un incremento del número de alumnos que han decidido apuntarse a las mismas, como se muestra en la tabla 4.
- Los alumnos han conseguido unos conocimientos sobre el protocolo HTTP muy superiores a los de años anteriores. Simplemente hablando con ellos del tema se percibe la soltura con la que hablan sobre cuestiones como tipos de petición, cabeceras, proxys, cookies, sesiones, etc.
- Se ha conseguido que los estudiantes hayan trabajado en un entorno real. Un ejemplo de esto puede ser la paradoja de tener que defenderse y a la vez no poder poner muchas restricciones ya que haría que los usuarios reales dejaran de usar el servicio (limitaciones comerciales).

- Los alumnos han realizado por primera vez en la carrera un trabajo partiendo de cero. Sin explicaciones iniciales ni prototipos a partir de los cuales empezar a trabajar. Aunque esto les produjo una cierta ansiedad inicial, al finalizar la práctica les ha generado la satisfacción de haber conseguido algo por sí mismos. Algunos de ellos comentaron públicamente que “esta ha sido la práctica más interesante que hemos realizado hasta el momento en la carrera”, tal y como ha sucedido en otras iniciativas que acercan proyectos reales a los alumnos [Coyle et al. 05].
- Se han trabajado algunas competencias transversales como la comunicación oral y escrita, el trabajo en grupo, etc. que suponen un elemento clave en el nuevo entorno del EEES.

La aplicación de esta técnica ha generado también algunas críticas y efectos negativos:

- Tanto los alumnos de los grupos buenos como de los grupos malos piensan que su actividad requiere más esfuerzo que la de los grupos contrarios.
- En algunos grupos buenos queda al final del trabajo una cierta sensación de derrota por haber sido su sistema manipulado por los grupos malos. Sin embargo, ha de indicarse que el efecto no es permanente, ya que se atenúa al recibir las notas y observar que son buenas a pesar de esto.
- Se pusieron de relieve algunos puntos problemáticos de la aplicación práctica en asignaturas cuatrimestrales como que la fase de mejora y la segunda fase de contienda son demasiado cortas y no hay prácticamente tiempo para evolucionar los sistemas. Parece claro que en una asignatura anual el desarrollo se realizaría con plazos más adecuados.

En lo que se refiere a datos empíricos, se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas 4 y 5. En dichas tablas se puede apreciar que la técnica de la “batalla de prácticas” no sólo ha estimulado la participación de los alumnos en las prácticas optativas, sino que además, ha conseguido mejorar la nota media de prácticas respecto al curso anterior donde no se empleaba esta técnica. A pesar de estos resultados aparentemente positivos, nuestros análisis empíricos no han ido mucho más allá puesto que consideramos que en ellos pueden influir múltiples

factores no relacionados con la aplicación de la “batalla de prácticas”.

**Tabla 4.** Resultados obtenidos en Redes de Computadores

Redes de Computadores		
Curso	2007-2008	2008-2009
Alumnos totales	63	67
Alumnos que hicieron practicas (optativas)	21	37
Alumnos no presentados	4	5
Nota media de prácticas	2,1 (sobre 3)	2,4 (sobre 3)

**Tabla 5.** Resultados obtenidos en Servicios de Comunicaciones

Servicios de Comunicaciones		
Curso	2007-2008	2008-2009
Alumnos	104	69
Alumnos que hicieron practicas (obligatorias)	104	69
Alumnos no presentados	13	14
Nota media de prácticas	2,16 (sobre 3)	2,33 (sobre 3)

## 7. Trabajos Futuros

La aplicación de la “batalla de prácticas” a nuestras asignaturas de servicios de Internet ha sido una experiencia muy interesante. Sin embargo, todavía queda mucho camino por recorrer para conseguir que dicha técnica pueda ser aplicada de forma generalizada. Para ello deberán estudiarse nuevos campos de aplicación y tipos de prácticas que se presten a su utilización. Por ejemplo, algunas áreas objetivo dentro del entorno de aplicaciones web podrían ser el mundo de los blogs (donde los atacantes introducen contenidos publicitarios) o de los servicios B2B. Fuera de este campo podrían desarrollarse servicios para centralitas de voz sobre IP, como Asterix, y sus correspondientes sistemas para conseguir llamadas gratis.

También sería interesante evaluar el sistema aplicando una política de código abierto, donde el código de los servicios está a disposición de los atacantes. A priori el único inconveniente del mismo sería que todos los grupos B tienen acceso al código del resto, con lo que sería complicado definir de quién fue la idea original y quién simplemente la ha copiado. Adicionalmente, y con objetivo de trabajar en un entorno internacionalizado, podría ser muy interesante realizar la experiencia en grupos de alumnos de diferentes universidades y en inglés. De

esta forma se cruzarían formas de pensar y actuar diferentes para generar una atmósfera posiblemente muy productiva e interesante.

Por último, indicar que será necesario seguir monitorizando los resultados obtenidos con la aplicación de este método y analizar el grado de perversión que puede aparecer tras su utilización durante varios años.

## Referencias

- [Bonwell y Eison 91] C.C. Bonwell y J.A. Eison, "Active Learning: Creating Excitement in the Classroom," ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1, George Washington University, Washington, D.C., 1991.
- [Chickering y Gamson 87] A. W. Chickering y Z. F. Gamson, "Seven principles for good practice in undergraduate education," AAHE Bull., vol. 39, pp. 3-7, 1987.
- [Barrows y Tamblyn 80] H.S. Barrows y R.M. Tamblyn, "Problem Based Learning: an Approach to Medical Education," New York: Springer, 1980.
- [Bloom et al. 56] B.S. Bloom, M.D. Engelhart, E.J. Furst, W.H. Hill y D.R. Krathwohl, "Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals," Handbook 1: Cognitive domain. Nueva York, David McKay, 1956.
- [Hilborn 94] R.B. Hilborn, "Team learning for engineering students," IEEE Trans. Educ., vol. 37, no. 2, pp. 207-211, 1994.
- [Pimmel 03] R.L. Pimmel, "A practical approach for converting group assignments into team projects," Education, IEEE Transactions on, vol.46, no.2, pp. 273-282, May 2003.
- [Beakey y Price 66] G.C. Beakley y T.W. Price, "Motivating Engineering Freshmen through an Authentic Design Experience," Education, IEEE Transactions on, vol.9, no.4, pp.195-197, Dec. 1966.
- [Paulik y Krishnan 01] M.J. Paulik y M. Krishnan, "A competition-motivated capstone design course: the result of a fifteen-year evolution," Education, IEEE Transactions on, vol.44, no.1, pp.67-75, Feb 2001.
- [Coyle et al. 05] E.J. Coyle, L.H. Jamieson y W.C. Oakes, "EPICS: Engineering Projects in Community Service," International Journal of Engineering Education, Vol. 21, No. 1, pp. 139-150, Feb. 2005.
- [Angulo et al. 06] C. Angulo, P. Ponsa y C. Raya, "Construcción modular de robots móviles. Proyecto basado en portafolio para estudiantes de grado," Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, Vol. 1, No. 1, pp. 19-26, Nov. 2006.
- [Schepens y James 03] W.J. Schepens y J.R. James, "Architecture of a cyber defense competition," Systems, Man and Cybernetics, 2003. IEEE International Conference on, vol.5, no., pp. 4300-4305 vol.5, 5-8 Oct. 2003.
- [Conklin 07] A. Conklin, "The design of an information security practicum course," Proceedings of the AIS SIG-ED IAIM 2007 Conference, 2007.
- [Hackman y Vidmar 70] J.R. Hackman y N. Vidmar, "Effects of size and task type on group performance and member reactions," Sociometry 33 1, pp. 37-54, 1970.
- [Valero-García y Díaz de Cerio 05] M. Valero-García y L. Díaz de Cerio, "Autoevaluación y co-evaluación: estrategias para facilitar la evaluación continuada," Congreso Español de Informática (CEDI), 2005.