

Tres Técnicas de Prácticas Competitivas Basadas en el Paradigma Project-Oriented Learning para las Ingenierías TIC

Xabiel G. Pañeda, *Senior Member, IEEE*, David Melendi, *Member, IEEE*, Sergio Cabrero, Raquel Blanco, Roberto García, Abel Rionda

Title—Three techniques for competitive lab activities based on project-oriented learning in ICT

Abstract—Laboratory work is one of the most important activities in technical degrees. In these classes, students learn while carry in gout tasks similar to those they could encounter in a professional environment. These activities help to streng then the theoretical principles while allowing the students to develop useful skills for their careers. In this paper, we present three experiences (LabBattle, LabRace, and Lab Triathlon) in the organization of practical activities based on the paradigms of competitiveness and project-oriented learning (POL). The goal of these techniques is to immerse the students in an environment as real as possible. In such scenarios, it is often important to be first, to think like the 'badguy' or to keep confidentiality. After three years applying these techniques we have observed a great motivation and excellent competences in the students. Moreover, cheating has been less frequent than in other types of lab assignments.

Index Terms—Competition, Laboratories, Practicalwork, Collaborativework, IT engineering, POL

I. INTRODUCCIÓN

UNA de las bases del proceso de aprendizaje en las disciplinas de ingeniería es el trabajo de laboratorio, también conocido como prácticas. Los alumnos realizan actividades simulando trabajos que desarrollarán en su carrera profesional pero en un ambiente controlado. En el laboratorio, los estudiantes pondrán en práctica además de sus conocimientos y competencias técnicas otras transversales, como el trabajo en equipo y la comunicación oral, que complementan su formación.

La preparación de actividades prácticas, en general, es un gran reto para los profesores. En la ecuación hay varias variables que tienen que ser maximizadas, como el interés del estudiante, los conceptos teóricos abordados y las capacidades técnicas alcanzadas, mientras que otros, como la probabilidad de engaño/copia o el coste tienen que ser minimizados. Al mismo tiempo, el nivel de la actividad tiene que coincidir con el conocimiento de base de los estudiantes para evitar la ansiedad y la frustración. Por otra

X. G. Pañeda, D. Melendi, R. García, S. Cabrero, R. Blanco, R. García y Abel Rionda son miembros del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo, Campus de Viesques, CP-33204. Xixón, Asturias, Spain. e-mail: {xabiel, melendi, cabrerosergio, rblanco, garciaroberto, abel.rionda}@uniovi.es.

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

parte, deben de trabajarse las habilidades transversales, tales como, la organización y la planificación, el razonamiento crítico y la creatividad.

Este artículo presenta algunas experiencias de organización del trabajo de laboratorio realizado en la Universidad de Oviedo, en las Ingenierías en Informática y de Telecomunicación durante los años 2008, 2009 y 2010. Las tres técnicas diseñadas (Batalla de Prácticas, Carrera de Prácticas y Triatlón de Prácticas) están basadas en el paradigma de Aprendizaje Orientado a Proyectos (POL) y han sido utilizadas en cursos de diferentes niveles (semestres 4º, 5º y 7º). A partir de una base de competición, las técnicas introducen algunas variaciones que las hacen ligeramente diferentes. Por ejemplo, en el primer caso, los estudiantes "luchan" entre sí. En el segundo no hay ninguna confrontación directa, sólo tienen que ser más rápidos que sus compañeros de clase. En el tercer caso, todos los estudiantes compiten contra los profesores.

Los resultados obtenidos con la aplicación de estas tres técnicas han sido muy interesantes. La motivación de los estudiantes y los resultados académicos han sido excelentes. Los estudiantes hicieron comentarios como "esta ha sido la mejor práctica en toda la carrera" o "esta práctica ha sido muy emocionante". Sin embargo, somos conscientes de que estas actividades competitivas pueden generar un estímulo negativo si se utilizan en exceso [1][2]. Para evitar este inconveniente es necesario que se combinen con otras actividades no competitivas para reducir los posibles impactos negativos.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección II se comentan trabajos anteriores en el campo del diseño de prácticas de laboratorio. La Sección III especifica las características generales de este conjunto de técnicas basadas en la competencia. En las Secciones IV, V y VI se describen las tres técnicas de diseño en detalle. La Sección VII resume las conclusiones y trabajos futuros.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Hoy en día la enseñanza está pasando de las tradicionales clases magistrales y los exámenes finales a un entorno más dinámico. Existen muchas y diversas propuestas para cambiar esta forma de docencia tradicional. Algunas de estas nuevas técnicas de aprendizaje, tales como el aprendizaje activo [3], las buenas prácticas [4], el aprendizaje Basado en Problemas o el ABP [5] sugieren que los estudiantes deben ir más allá de limitarse a ser meros espectadores u oyentes. Por ejemplo, el uso de lecturas

adicionales al temario, la discusión entre los estudiantes, el trabajo en equipo y trabajar en pequeños proyectos y aplicaciones prácticas han sido propuestos por los educadores. La taxonomía de Bloom [6] define el nivel de conocimientos que cada estudiante debe alcanzar para llegar a dominar un tema. En ingeniería, Hilborn [7] destaca los beneficios del trabajo en equipo, ya que prepara a los estudiantes mejor para sus futuros trabajos. Pimmel [8] da pautas interesantes para los profesores sobre la manera de supervisar los proyectos. Hemos utilizado estas ideas para diseñar nuestras propuestas competitivas de laboratorio con el fin de mejorar la motivación de los estudiantes, ampliamente comentada en [9].

Casos de estudio imitando proyectos reales son frecuentes en los cursos técnicos. Ya en 1966, Beakey y Price [10] propusieron un concurso de diseño en el primer año de las carreras de ingeniería. De este modo, los estudiantes fueron capaces de captar una perspectiva real de su futura profesión desde el inicio de su aprendizaje. Más recientemente, se han ido introduciendo cada vez más prácticas basadas en proyectos de equipo, el aprendizaje autónomo y la competición. El concurso “CrawlingWorm”, llevado a cabo por Hong et al. [11], pone de manifiesto el beneficio de enfrentarse a dificultades del mundo real en el diseño de un proyecto. En la Universidad de Detroit [12], se anima a los estudiantes a construir automóviles inteligentes y, después, ponerlos a prueba en una competición real. El programa EPICS [13] coordina los proyectos de los estudiantes con solicitudes de las organizaciones sin ánimo de lucro. Los encargados de este programa afirman haber recibido una respuesta muy positiva tanto de los estudiantes, como de las organizaciones. En las universidades españolas, también ha habido algunas propuestas, como por ejemplo [14], que propone proyectos de corta duración en el ámbito de la robótica móvil, repartidos en varios cursos y el proyecto fin de carrera. Por último, en informática, es posible encontrar concursos de programación en algunos cursos, como el documentado por Lawrence [15], donde el objetivo era programar la inteligencia de un juego de mesa en línea.

Las experiencias más representativas en el ámbito de las redes de computadores provienen de la perspectiva de la seguridad. Es destacable el “CyberDefense Exercise” – CDX- [16], organizado en EE.UU. por academias militares. Los estudiantes deben gestionar una red de comunicaciones y sus recursos, mientras son atacados y sufren fallos en el hardware. El ganador es el que es capaz de reaccionar mejor ante estas adversidades manteniendo la red en funcionamiento. Todos los estudiantes lo consideran una gran experiencia de aprendizaje. Debido al éxito de esta experiencia, se ha repetido también en el ámbito universitario [17]. No en el campo de la seguridad, pero en los cursos de redes de computadores, Regueras et al. [18] proponen prácticas colaborativas y competitivas utilizando la herramienta QUESTOURnament, integrada con Moodle. La herramienta se utiliza para realizar concursos de preguntas relacionadas con los contenidos del curso.

Nuestro trabajo contribuye al estado del arte, mostrando el diseño de tres nuevas técnicas de prácticas competitivas en el entorno de las Ingenierías relacionadas con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC. Al igual que en algunos de los artículos analizados, las

técnicas se basan en la competición, el trabajo en equipo y el aprendizaje orientado a proyectos, pero con una perspectiva distinta. Siempre buscando estimular a los estudiantes para el aprendizaje y el fomento de sus competencias a la hora de afrontar situaciones en el mundo real.

III. PRÁCTICAS DE LABORATORIO COMPETITIVAS

Las tres técnicas presentadas en este artículo están basadas en los paradigmas de la competición y el aprendizaje orientado a proyectos (POL). Todas ellas tienen los mismos objetivos y diseño general, pero al mismo tiempo, cada una trata de promover las habilidades y competencias en diferentes formas o niveles. Las ideas comunes a todas las estrategias son las siguientes:

- **Los estudiantes necesitan enfrentarse a problemas del mundo real.** En su actividad profesional, los estudiantes se encontrarán con competencia, personas que tratan de boicotear un proyecto o se verán obligados a trabajar más rápido o mejor que otros. En general, estas situaciones son totalmente nuevas para ellos cuando empiezan a trabajar para las empresas.

- **Los estudiantes necesitan motivación.** En muchos casos este es un problema que es difícil de resolver. En general, las situaciones donde el trabajo de los estudiantes finaliza con un resultado tangible, que puede ser presentado socialmente, les genera una gran satisfacción.

- **Los estudiantes tienen que involucrarse y participar activamente en las prácticas.** En muchas de las clases de laboratorio, el trabajo de los estudiantes se limita a realizar actividades definidas en un guión, sin llevar a cabo sus ideas de forma independiente. En estos casos el nivel de interés, la atención y la actividad pueden llegar a ser muy bajos.

Además de estos objetivos, nuestras técnicas tratan de mejorar las siguientes habilidades transversales:

- **Capacidad de aplicar los conocimientos a las actividades prácticas.** Los principios teóricos que se han estudiado en la materia se aplican a un entorno concreto.

- **Capacidad para planificar y gestionar el tiempo.** Los estudiantes tienen que organizar su trabajo. El método únicamente establece un conjunto de puntos de referencia o hitos en los que ciertas actividades deben estar finalizadas. No existe obligación de asistir a las sesiones de laboratorio y los alumnos pueden escoger el horario de las prácticas dentro de un conjunto de opciones determinadas por el profesor.

- **Comunicación oral y escrita.** Los estudiantes deben escribir un conjunto de informes y presentar sus trabajos a los compañeros de clase.

- **Capacidad para buscar, procesar y analizar información de diferentes fuentes.** Las fuentes de información que puede utilizarse para llevar a cabo el trabajo pueden ser muy variadas y el estudiante debe de seleccionarlas (sistemas similares que ya están en funcionamiento, las normas, tutoriales, etc.).

- **Capacidad para tomar decisiones.** Durante el desarrollo del sistema los estudiantes tienen que tomar muchas decisiones: componentes, tecnología a utilizar en el proceso de desarrollo, forma de evaluar el sistema, etc.

• **Capacidad para trabajar en equipo.** Los estudiantes tienen que formar equipos con el fin de desarrollar el trabajo de laboratorio. El tamaño recomendado debe estar entre cuatro y cinco miembros por grupo de acuerdo con [19], aunque esto puede variar dependiendo de la dificultad de la tarea.

Las 3 técnicas se han diseñado con las características y los requisitos generales que se enumeran a continuación:

- Todo el trabajo se va a realizar por equipos. Los estudiantes se organizan en equipos de cuatro o cinco miembros. En el caso de las técnicas con diferentes roles, estos serán asignados mediante un sorteo.

- El calendario tiene que encajar en un semestre. Excluyendo los periodos de exámenes y las vacaciones, la cantidad real de tiempo queda limitada a cuatro meses. Además, las sesiones de laboratorio propiamente dichas (se realizan algunas otras tareas introductorias en ese periodo) comienzan tres o cuatro semanas después de las clases (es necesario adquirir algunos conceptos teóricos de antemano), por lo tanto, hemos establecido la duración de las clases prácticas de aproximadamente 12 semanas.

- La actividad se divide en diferentes fases. En algunos de ellos los grupos de estudiantes tienen que competir, en otros se han de desarrollar sus productos o sistemas, y en algunos casos las dos cosas al mismo tiempo.

- En la última fase del trabajo, los grupos de estudiantes tienen que presentar sus resultados y el diseño de los productos o sistemas. Una vez finalizadas las competiciones se buscará compartir el conocimiento con el resto de los alumnos del curso.

- La fase de presentación siempre tiene que terminar con una discusión con todos los estudiantes para recoger sus impresiones. Los elementos positivos y negativos se analizan y registran.

- La evaluación no sólo tiene en cuenta los resultados de la competencia (SU o el éxito). Esto podría ser injusto y frustrante (por ejemplo, un atacante muy bueno, no pudo vencer a un excelente defensor). Por lo tanto, también se utilizan otros elementos para determinar la nota: calidad técnica o TQ, y habilidades sociales o SS (la originalidad de la solución, la claridad en las explicaciones, las presentaciones y los resultados, la capacidad para responder a las preguntas en la presentación y gestión del tiempo, etc.) Además, los estudiantes del mismo grupo se co-evalúan unos a otros (CO). La nota final se calculará utilizando la ecuación 1.

$$\text{nota} = 0,2 \times \text{SU} + 0,3 \times \text{TQ} + 0,3 \times \text{SS} + 0,2 \times \text{CO} \quad (1)$$

IV. BATALLA DE PRÁCTICAS

A. Diseño General

La idea definida en esta técnica para llevar a cabo las prácticas de laboratorio puede ser fácilmente implementada. Los alumnos se dividen en grupos y a cada uno de ellos se le da un papel como “bueno” o “malo” con objetivos contrapuestos. Mientras que los “chic@s buen@s” tiene que construir algo, el objetivo de los “chic@s mal@s” es inutilizar, “trucar” o simplemente boicotear lo creado por los buenos. Por ejemplo, en el caso de los servicios de Internet,

lo que deben de hacer es desarrollar un software para “hackear” los sistemas desarrollados por sus compañeros. Además, se definen algunas limitaciones impuestas a los “buenos” con el fin de simular las condiciones del mercado. Después de una explicación del método de prácticas y la misión (parte técnica de la actividad), los estudiantes se enfrentan a una serie de actividades organizadas en 4 fases de diseño, desarrollo y lucha contra otros equipos. Al final (fase 5ª), cada equipo presenta su sistema para compartir el conocimiento y para sacar conclusiones. Esta última fase se organiza en una sesión participativa donde todos los equipos tendrán la oportunidad de preguntar a sus compañeros. Por un lado, los equipos con el mismo papel que tienen la oportunidad de descubrir los diseños alternativos. Por otro lado, los equipos con roles opuestos pueden analizar las razones de su éxito o falta del mismo, bien haya tenido un papel de atacante o defensor.

B. Simulación del Mundo Real

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes se enfrenten con un mundo real lleno de riesgos. En esta situación, personas de forma consciente o inconscientemente, pueden comprometer un sistema. Por lo tanto, es necesario encontrar soluciones para evitarlo en entornos con restricciones (presupuestos, restricciones del mercado, etc.) Los estudiantes trabajarán en grupos para diseñar e implementar un sistema teniendo en cuenta que otros grupos van a tratar de explotar sus vulnerabilidades. Los estudiantes que actúan como “malos” investigarán las posibles técnicas y diseños del sistema para atacarlo. Al final de la práctica, el estudiante, directa o indirectamente, habrá experimentado las siguientes situaciones:

- Creación de un sistema preparado para resistir un ataque.
- Análisis de las debilidades de un sistema.
- Estudio de las situaciones del pasado para obtener pistas.

C. Organización Temporal

La técnica comienza con una presentación de la actividad. El profesor explica qué es “La Batalla de Prácticas” y los detalles técnicos de los sistemas que los estudiantes tienen que construir o inutilizar. Después de esta explicación, el tiempo se divide en cinco fases, tal y como se muestra en la Figura 1.

Desarrollo ciego (6 semanas). En esta fase, tanto los “buenos” como los “malos” tienen que diseñar y desarrollar sus sistemas. Esta fase se denomina ciega porque ninguno de ellos sabe lo que hacen los demás. Los únicos puntos de partida son las pautas generales de diseño dado por el profesor.

Batalla 1 (1 semana). En esta fase los grupos “malos” atacan a los sistemas de los “buenos”. Estos últimos pueden monitorizar y estudiar la forma en la que están siendo atacados y cómo se comportan sus sistemas, pero no pueden hacer mejoras.

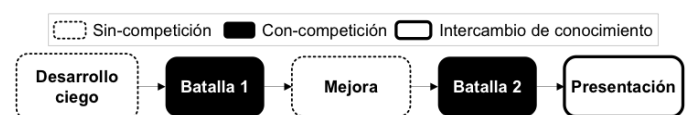


Fig. 1 Fases de la Batalla de Prácticas

Mejora (3 semanas). En esta fase, ambos roles tienen que mejorar sus sistemas. Se debe revisar lo que sucedió en la batalla y utilizar las lecciones aprendidas para crear mejores sistemas.

Batalla 2 (1 semana). En esta fase los equipos tienen que enfrentar sus sistemas una vez más. Esta fase puede ser un periodo de sorpresas. Por lo general, los “chicos malos” han estudiado los sistemas de los “buenos” para tener éxito en esta nueva contienda. Sin embargo, los buenos pueden presentar diseños totalmente diferentes dejando a los “chicos malos” totalmente fuera de juego.

Presentación (1 semana de preparación, a 10 minutos de presentación y 5 minutos para preguntas por grupo, a 30 minutos del debate general). En esta fase los estudiantes de los diferentes grupos presentan sus soluciones para el resto de los compañeros de clase. Este es el tiempo para descubrir las debilidades y fortalezas de los sistemas y las técnicas de ataque. Después de la presentación de todos los estudiantes participan en un debate con el profesor para determinar los puntos fuertes y los inconvenientes de la actividad de prácticas.

D. Caso de Estudio

Esta técnica fue utilizada durante el año 2008 en dos asignaturas de Ingeniería en Informática (5º semestre) y de Telecomunicación (7º semestre). La actividad consistió en la creación de sistemas web de votación (“chicos buenos”) y los sistemas para conseguir la manipulación de los mismos (“chicos malos”). Esta manipulación se define como cualquier técnica de introducir votos de forma automática (sin que sea realizando por una persona a través del formulario de votación). Los sistemas de votación tuvieron algunas restricciones. (1) El sistema tenía que ser abierto, por lo tanto, el registro de los usuarios no podía ser utilizado como un mecanismo de seguridad. (2) las imágenes borrosas con letras que los usuarios deben introducir (también conocido como *captchas*) tampoco se permitían.

El código del formulario de votación se presentó como interfaz común. Esto facilitaría el trabajo de los “chicos malos”, ya que al tener que atacar a varios grupos no tendrían que implementar sistemas totalmente diferentes. Toda esta información, más los objetivos de la actividad, el calendario y cómo se va a calcular la nota de la práctica se presentó a los estudiantes en clase de teoría una semana antes del comienzo de las prácticas.

A pesar de esta presentación, donde se indicó que tenían que trabajar en forma autónoma, en el inicio de la actividad los estudiantes estuvieron algo desorientados y no sabían por dónde empezar. El profesor permitió que esta situación continuara durante la primera hora, tratando de alentar a que los estudiantes tuvieran sus propias iniciativas. Muy pocos grupos fueron capaces de realizar su propio plan estratégico. En la segunda hora, se les proporcionó un enlace al sistema de votación de un periódico popular del norte de España, junto con la sugerencia de iniciar el análisis viendo cómo funcionaban los sistemas de votación reales. Esta situación desapareció los años siguientes, porque los estudiantes ya estaban sobre aviso a través de antiguos alumnos de detalles precisos acerca de la actividad. Después de la información adicional de partida, todos los equipos llevaron a cabo estudios detallados de los periódicos más populares de

Internet tratando de adivinar sus mecanismos de seguridad. Aunando sus propias ideas con las que recogieron de estudiar los sistemas comerciales, los “chicos buenos” construyeron los suyos.

En el caso de los “chicos malos”, hubo una cantidad notable de actividad. Antes de la batalla, todos los grupos probaron sus desarrollos con los sistemas reales de votación en Internet introduciendo unos pocos votos en ellos. Estos resultados les dieron información muy valiosa para mejorar sus técnicas.

En lo que se refiere a los resultados, los de la primera batalla fueron desiguales. Mientras que alrededor del 20% de los sistemas se mantuvo invicto, el resto recibió cientos o miles de votos de los atacantes. Hubo varias razones para este resultado. Algunos de los “chicos malos” desarrollaron una solución técnicamente muy buena mientras que sólo un tercio de los “chicos buenos”, creó sistemas fuertemente securizados. En particular, algunos grupos definieron mecanismos de seguridad muy simples, con el objetivo de estudiar las tácticas de los atacantes, basándose en la estrategia de las “Honey Nets”. Después de ver el resultado de la batalla, estos grupos se dieron cuenta que era un error viendo que el resto de los grupos presumían de su total victoria sobre su sistema. De esta forma llegaron a la conclusión de que en el mundo real la mayoría de las veces no existe una segunda oportunidad.

La segunda batalla fue completamente diferente, y todos los sistemas de votación fueron saboteados. En general, todos los grupos “buenos” desarrollaron soluciones muy imaginativas que combinaban la detección de IP, cookies y marcas de tiempo. Sin embargo, los “chicos malos” lograron el éxito utilizando proxies para enmascarar sus direcciones IP originales, diversas cabeceras para imitar los navegadores y gestión de cookies para simular el flujo de peticiones típicas de un usuario.

En uno de los cursos donde se puso a prueba este método, las prácticas de laboratorio son voluntarias, por lo que se utilizó el grupo de estudiantes que no hicieron las prácticas como grupo de control. Los estudiantes que participaron en el proyecto obtuvieron calificaciones más altas que el resto de los estudiantes y también más altas que los estudiantes de los últimos años en los temas relacionados con la práctica (Web y seguridad). Aparte de eso, la valoración de los estudiantes acerca de las prácticas fue muy positiva. En su opinión habían aprendido mucho, lo que fue confirmado finalmente por sus notas. También indicaron haber disfrutado y haber tenido una importante motivación por el carácter competitivo de la actividad. Por otra parte, sus impresiones sobre el esfuerzo realizado fueron que habían dedicado bastante tiempo a la actividad. Además todos los grupos comentaron que su rol era más complicado que el de sus contrincantes.

V. CARRERA DE PRÁCTICAS

A. Diseño General

En esta técnica, los estudiantes se dividen en grupos con un mismo rol. Su misión es construir un sistema/aplicación capaz de hacer algo tan rápido como sea posible. El objetivo final es tener un sistema más rápido que el de los demás competidores/participantes/grupos de alumnos.

Después de una explicación del método y del objetivo, a los estudiantes se les da un periodo de tiempo para diseñar y construir sus soluciones. Una vez que las implementaciones estén listas, todos los grupos tienen que ponerlas a prueba al mismo tiempo en dos “carreras” para demostrar cuál de los sistemas es más rápido. Al final, los grupos tienen que presentar un informe con los resultados y sus diseños al resto de los compañeros con objeto de compartir el conocimiento y sacar conclusiones.

B. Simulación del Mundo Real

El objetivo de esta actividad es enfrentar a los estudiantes con una situación real donde tener los mejores resultados en una fecha específica es importante. El concepto de tener un producto o un proyecto listo en un plazo determinado es una de las claves del mercado mundial. Lo mismo sucede con tener el mejor producto (calidad de servicio –QoS–) o sistema antes que la competencia. Esta técnica comparte algunas características con el método aplicado en Kuala Lumpur para construir las Torres Petronas, en la que dos contratistas compitieron por finalizar primero la torre que construían (el mismo objetivo, el mismo diseño, los mismos materiales, el mismo clima, etc., pero el uso de su propio personal, plan y proveedores). Al final del trabajo, el estudiante, directa o indirectamente, habrá experimentado las siguientes situaciones:

- Los sistemas tienen que funcionar lo mejor posible en una fecha determinada (plazo).
- Los competidores están pensando en la misma línea y empujan para tener mejores resultados.
- Los sistemas no deben fallar en el momento clave.

C. Organización Temporal

Esta técnica comienza con una presentación de la actividad. El profesor explica qué es una “Carrera de prácticas” y los detalles técnicos de los sistemas de los estudiantes tienen que desarrollar. Después de esta explicación, el resto del tiempo se divide en cuatro fases, tal y como se muestra en la figura 2:

Desarrollo (10 semanas). En esta fase los grupos de estudiantes tienen que desarrollar una herramienta/aplicación/sistema para ser el más rápido alcanzar un objetivo.

Carrera 1 (10-30 min). En esta fase los grupos de estudiantes tienen que ejecutar la herramienta desarrollada.

Carrera 2 (10-30 min). En esta fase los grupos de estudiantes tienen la oportunidad de ejecutar la herramienta desarrollada una vez más.

Presentación (1 semana de preparación, 10 minutos de presentación y 5 minutos para preguntas por grupo, a 30 minutos del debate general). En esta fase los estudiantes de los diferentes grupos presentan sus soluciones para el resto de sus compañeros de clase.



Fig. 2 Fases de la Carrera de Prácticas

D. Caso de Estudio

Esta técnica se aplicó durante los años 2009 y 2010 (con un objetivo diferente) en la titulación de Ingeniería de Telecomunicación (7º semestre). La actividad consistió en la creación de un sistema para recuperar la mayor cantidad de direcciones de e-mail de un conjunto de páginas web como sea posible. El programa a partir de 10 páginas web determinadas por el profesor debía de recuperar direcciones de correo electrónico para ser incluidas en la lista de resultados y enlaces webs que se utilizarían para continuar la búsqueda. El sistema tuvo que lidiar con preguntas tales como, los enlaces dentro de las propias páginas, formularios o las páginas generadas dinámicamente (CGI, PHP, etc.).

En las carreras, los estudiantes tuvieron diez minutos para recuperar la mayor cantidad de direcciones de correo electrónico como pudieron para generar un listado que se entregó a los profesores al finalizar. Las dos carreras se llevaron a cabo con media hora de diferencia para permitir a los grupos afinar sus programas. Por ejemplo, podrían ordenar la lista inicial de las páginas web para conseguir mejores resultados observando en qué páginas habían recogido más direcciones en la primera carrera. El código de los sistemas debía de ser entregado el mismo día de la carrera. El informe con el resultado comentado y el diseño del sistema tuvieron que ser remitidos a los profesores el día de la presentación de las prácticas.

En las primeras semanas de la fase de desarrollo, aparecieron dos tipos de grupos. Por un lado, los grupos donde los estudiantes no estaban seguros de encontrar una solución para la práctica, y por otro lado, los grupos donde los estudiantes estaban pensando en varias alternativas y se encontraron con dificultades para tomar una decisión. En ambos casos, los grupos pidieron consejos a los profesores con el fin de enfocar su trabajo. Después de eso, los estudiantes estructuraron los proyectos en diferentes tareas que se repartieron entre los miembros de cada grupo. En la última parte de esta fase, los estudiantes aumentaron el número de horas que dedicaron a la práctica, asistiendo a varias reuniones semanales con los profesores, ya que realmente querían desarrollar una solución muy buena.

Los diseños desarrollados por los estudiantes fueron muy variados, algunos de ellos crearon sistemas multi-hilo con diferentes esquemas de sincronización. En lo que se refiere al análisis de las páginas web también se utilizaron estrategias muy variadas y que reflejaron un importante estudio autodidacta de los grupos. Algunos elementos utilizados fueron: el uso de analizadores sintácticos complejos, las listas de las páginas web que ya han sido visitadas para evitar búsquedas repetidas, filtros para evitar los enlaces a archivos que no incluyan código HTML, filtros para detectar los vínculos absolutos y relativos, el uso de un tiempo de espera para descartar el procesamiento de las páginas web problemáticas, la aplicación de diferentes tipos de búsqueda, como la mejor primera o en profundidad, etc.

En cuanto a la búsqueda de direcciones de correo electrónico los alumnos también propusieron diferentes enfoques. Algunos ejemplos son el análisis de los enlaces *mailto*, la búsqueda del carácter “@”, el uso de expresiones regulares, la búsqueda de correos electrónicos que utilizan una imagen para representar el carácter “@” y el análisis de e-mails que se escriben con “(a)” y “(punto)”.

Los resultados de la carrera fueron muy interesantes. En la primera carrera, los equipos con un solo hilo lograron recuperar cerca de un centenar de direcciones de correo electrónico, excepto un grupo que tuvo problemas. Los sistemas multi-hilo reunieron entre 150 y 200. En la segunda ronda, después de analizar el registro de la traza, algunos de los grupos decidió cambiar el orden de las direcciones de correo electrónico. En una de las páginas web había un sistema anti-robot (que evitaba profundizar en el sitio), con lo que se incluyó éste como el último elemento en la lista de búsqueda. Los resultados en la segunda carrera fueron ligeramente mejores para estos grupos. El equipo con problemas en la primera ronda encontró un fallo en el sistema y obtuvo un resultado razonable en la segunda. Una vez terminada la prueba el código de los sistemas fue revisado no encontrándose ninguna copia.

En lo que se refiere a las notas, estas fueron similares a las del año anterior, donde se llevó a cabo la “Batalla de Prácticas”. Al igual que en el año anterior, las notas de los estudiantes que participaron en la experiencia fueron mucho mejores que las del resto. En el segundo año de aplicación de esta técnica, lo más resaltante es que prácticamente todos los estudiantes decidieron hacer las prácticas.

VI. TRIATLÓN DE PRÁCTICAS

A. Diseño General

En esta técnica, los estudiantes se dividen en grupos con el mismo papel. Su misión es ser el más rápido en boicotear o manipular varios sistemas diseñados por el profesor.

Después de una explicación del método y del objetivo de la práctica, los estudiantes se enfrentarán a un máximo de tres fases en las que tienen que vencer tres sistemas diseñados por el profesor con niveles crecientes de complejidad tan rápido como les sea posible. Al final, los grupos presentarán un informe con los resultados y sus diseños al resto de compañeros para compartir el conocimiento y sacar conclusiones. La principal diferencia con las otras técnicas presentadas en este artículo es que en este caso, la competición comienza desde el principio, desde el primer minuto. Por el contrario, en la carrera o en la batalla, los grupos tienen varias semanas para preparar sus sistemas.

B. Simulación del Mundo Real

El objetivo de esta actividad es enfrentar a los estudiantes con un mundo real donde mantenerse a la cabeza del mercado es importante. Los competidores empujan con fuerza, por lo que un producto/empresa con resultados negativos pueden ser eliminados del mercado en cualquier momento. En estas situaciones, nuestros sistemas tienen que demostrar que tienen una trayectoria mejor que otros. Por ejemplo, un producto pasa por etapas a lo largo de su vida útil. Todo el tiempo debe estar evolucionando más rápido que el de los competidores a fin de ser el favorito de los clientes. Al final del trabajo, el estudiante, directa o indirectamente, ha experimentado las siguientes situaciones:

- Competidores que están constantemente mejorando sus sistemas/productos.
- Cambios en el entorno que empujan a las personas/empresas a evolucionar.

C. Organización Temporal

La técnica comienza con una presentación de la actividad. El profesor explica qué es un “Triatlón de Prácticas” y los detalles técnicos de los sistemas de los estudiantes tienen que desarrollar. Después de esta explicación, el resto del tiempo se divide en cuatro fases, tal y como se muestra en la figura 3:

Prueba 1 (4 semanas). En esta fase los grupos de estudiantes tienen que desarrollar una herramienta/sistema para vencer al más simple de los sistemas creado por los profesores y hacerlo lo más rápido posible.

Prueba 2 (4 semanas). Al igual que en el primero, pero en este caso los estudiantes tienen que vencer el segundo sistema desarrollado por los profesores.

Prueba 3 (tres semanas). En esta fase los estudiantes han de superar el más duro de los sistemas creado por los profesores.

Presentación (1 semana de preparación, 10 minutos de presentación y 5 minutos para preguntas por grupo, 30 minutos de debate general). En esta fase, los estudiantes presentan sus soluciones a sus compañeros de clase. El profesor también presenta el diseño de sus sistemas.

D. Caso de Estudio

Esta técnica se aplicó durante el 2010 en una asignatura de Ingeniería de Telecomunicación (4º semestre). El profesor de la asignatura desarrolló tres sistemas de votación web con diferentes niveles de protección, utilizando los siguientes mecanismos:

- **Sistema 1:** (1) Una cookie para detectar si el usuario había votado anteriormente.
- **Sistema 2:** (1) Una cookie para detectar si el usuario había votado anteriormente. (2) Una cookie para comprobar si el usuario ha cargado la página web de votación. (3) Un método para verificar las cabeceras generadas por los navegadores web más comunes.
- **Sistema 3:** (1), (2) y (3) y un sistema de control para permitir un solo voto de la misma dirección IP en un periodo de cinco minutos.

La encuesta tenía un número de opciones igual al número de grupos de estudiantes. Cada equipo tuvo que diseñar un sistema para introducir los votos en la opción correspondiente a su número de grupo lo más rápido posible. Los sistemas de votación fueron monitorizados para registrar cuándo los votos eran emitidos. Cuando un equipo llegaba a 1.000 votos en un sistema, el objetivo se daba por alcanzado, registrando la fecha. A partir de ese momento el equipo podía pasar a lanzar su ataques al sistema de siguiente nivel.

Los resultados de la práctica revelaron que la mayoría de los grupos fueron capaces de derrotar a los dos primeros sistemas, pero sólo dos grupos fueron claramente capaces de superar al sistema 3. La velocidad de introducción de los votos fue, en general, muy rápida para el sistema 1, variable para el segundo (algunos bastante rápido, algunos medios, algunos lentos), y muy lento para el tercero (los

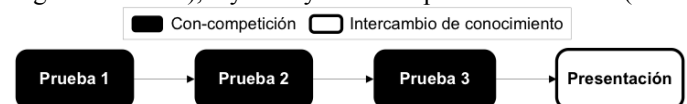


Fig. 3 Fases de Triatlón de Prácticas

grupos que encontraron la solución necesitaron bastante tiempo). En general, los grupos que fueron exitosos con el tercer sistema, fueron muy imaginativos. Por ejemplo, un grupo propuso un programa de distribución que se ejecutaba desde distintas máquinas al mismo tiempo siendo capaz de votar más de una vez en un plazo de cinco minutos.

De todos los grupos, solo dos consiguieron introducir más de 1 voto cada 5 minutos desde el mismo ordenador. El primero de ellos utilizó una lista de proxies anónimos para hacer las peticiones en su nombre. El otro grupo utilizó una herramienta externa llamada Telnet Deluxe que se invocaba desde su programa con el fin de renovar su IP de la máquina externa para cada solicitud de voto.

Puesto que en esta asignatura las prácticas eran obligatorias, los resultados fueron comparados sólo con los años anteriores. Se alcanzó una ligera mejora (en torno al 5%). En este caso, la opinión de los profesores es que la meta alcanzada más importante fue la motivación. Los estudiantes fueron tremendamente activos. En lo que se refiere a la copia de las prácticas, el código de los sistemas y diseños fueron revisados y no se descubrieron copias como en el resto de los cursos en los se aplicaron estas técnicas.

VII. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La impresión después de la aplicación de estas técnicas fue en términos generales muy satisfactoria. También es posible comentar algunas conclusiones interesantes obtenidas tras el análisis de las notas y el debate de la fase final:

- Los estudiantes han estado muy activos durante todo el proceso. Han sido realmente autónomos y la calidad del trabajo ha sido satisfactoria. Los alumnos han considerado las actividades como muy interesantes para su carrera profesional: se han estudiado los sistemas reales, han construido sus propios diseños, han analizado el trabajo del resto de los grupos (con la misma función o diferentes) o han mantenido la confidencialidad cuando era necesario.

- Los resultados en los exámenes teóricos mejoraron en los ámbitos relacionados con los proyectos. A pesar de que no se disponía de un grupo de control adecuado (haciendo prácticas con otro método), en algunos de los campos las actividades prácticas no eran obligatorias y algunos estudiantes no participaron. Así, fue posible comparar las calificaciones de los estudiantes que hicieron los proyectos y los estudiantes que no los hicieron. Las notas fueron 15% más altas en los temas relacionados con las actividades, lo cual parece muy positivo, aunque hay que ser conscientes de que otros factores podrían haber influido en estos resultados. Las notas también fueron más altas que en años anteriores.

- Por otra parte, hablando con los estudiantes, los profesores consideraron que su conocimiento era muy elevado en algunos casos, en comparación con los años anteriores, cuando habían realizado otros tipos de actividades prácticas. Incluso el número de estudiantes que solicitaron proyectos fin de carrera en el tema de las prácticas aumentó considerablemente.

- Después de un análisis profundo de los sistemas diseñados y el código del software, se observó que la tasa de copia había desaparecido totalmente. Los grupos de estudiantes no compartieron sus avances hasta la fase de presentación. Esto fue algo extraordinario, ya que en el

pasado, generalmente se detectaban dos o tres prácticas copiadas todos los años.

A pesar de los resultados positivos de estas técnicas se observaron algunos inconvenientes:

- La aplicación de estas técnicas es complicada en cursos de corta duración (4 meses o menos). Si las fases son demasiado cortas, los estudiantes no tienen tiempo suficiente para cumplir con las actividades que requieren reflexión e investigación. Por lo tanto, no se considera que este método sea aplicable a asignaturas con una duración de menos de un semestre.

- El primer año de aplicación de estas técnicas, la fórmula para el cálculo de las notas no se publicó inicialmente. A pesar de que todos los alumnos conocían que la nota no sólo iba a ser determinada teniendo en cuenta el resultado de la batalla, algunos grupos se quedaron con una sensación de derrota. No habían sido los más rápidos o no habían vencido a los equipos rivales. Aunque esta sensación desapareció cuando vieron a sus notas, los profesores se dieron cuenta de que es importante especificar claramente la fórmula para el cálculo de la nota en el inicio de la actividad. En los años siguientes, se especificó el primer día la fórmula de cálculo y esta sensación desapareció totalmente.

- Algunos estudiantes comentaron en los debates que sintieron bastante tensión cuando realizaron las carreras. En algunos casos lo compararon con la que se vive en un examen, ya que es un momento clave para el éxito o el fracaso, y esto es estresante.

Después de tres años la aplicación de estas técnicas, se ha detectado que a pesar de que todas ellas están basadas en la competición, provocan sensaciones diferentes en los alumnos puesto que los patrones de actividad son diferentes. En general la mayoría de los estudiantes ha aceptado el desafío como una interesante experiencia de aprendizaje, aunque algunos tuvieron en momentos puntuales sentimientos de frustración o miedo al fracaso. Por lo tanto, teniendo en cuenta que una sobredosis de batallas o carreras podría ser contraproducente, la experiencia parece recomendar la introducción de alguna de estas técnicas solo una vez cada año. De esta manera, se reforzarán algunas capacidades en los estudiantes sin un peligroso exceso de competitividad.

Como trabajo futuro, se están preparando variaciones de las técnicas presentadas en este artículo. Por ejemplo, se está diseñando una carrera para localizar imágenes en Internet a través de una biblioteca hash (similar al proceso utilizado por la policía para detectar pornografía infantil). También se está estudiando la manera de aplicar estas técnicas a los cursos relacionados con las disciplinas de la ingeniería. Por otra parte, se piensa evaluar cómo añadir a estas técnicas cuestiones económicas o de mercado como los estudios de costo-beneficio.

REFERENCIAS

- [1] G. G. Johnson, "The Ideology of Competition," En *Le Temps Stratégique*. Suiza, 1997.
- [2] A. Polo, J.M. Hernández y C. Pozo, "Evaluación del estrés académico en estudiantes universitarios," En *Ansiedad y estrés*, vol. 2, no. 2-3, pp. 159-172, 1996.
- [3] 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.

- [4] A. Chickering y Z.F. Gamson, "Seven principles for good practice in undergraduate education," En *AAHE Bulletin*, vol. 39, pp. 3-7, 1987.
- [5] H.A. Barrows y R.M. Tamblyn, *Problem Based Learning: an Approach to Medical Education*, New York, Springer, 1980.
- [6] 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," En *Handbook 1: Cognitive domain*. David McKay, Ed. New York: Company Inc, 1956.
- [7] R.B. Hilborn, "Team learning for engineering students," En *IEEE Transactions on Education*, vol. 37, no. 2, pp. 207-211, 1994.
- [8] R.L. Pimmel, "A practical approach for converting group assignments into team projects," En *IEEE Transactions on Education*, vol. 46, no. 2, pp. 273-282, 2003.
- [9] J.M. Tauer y J.M. Harackiewicz, "The effects of cooperation and competition on intrinsic motivation and performance," En *Journal of personality and social psychology*, vol. 86, no. 6, pp. 849-861, 2004.
- [10] G.C. Beakley y T.W. Price, "Motivating Engineering Freshmen through an Authentic Design Experience," En *IEEE Transactions on Education*, vol. 9, no. 4, pp. 195-197, 1966.
- [11] J. Hong, M. Chen, A. Wong, T. Hsu y C. Peng, "Developing physics concepts through hands-on problem solving: a perspective on a technological project design," En *International Journal of Technology and Design Education*, 0957-7572, pp. 1-15. Springer Netherlands, 2011.
- [12] M.J. Paulik y M. Krishnan, "A competition-motivated capstone design course: the result of a fifteen-year evolution," En *IEEE Transactions on Education*, vol. 44, no. 1, pp. 67-75, 2001.
- [13] E.J. Coyle, L.H. Jamieson y W.C. Oakes, "EPICS: Engineering Projects in Community Service," En *International Journal of Engineering Education*, Vol. 21, No. 1, pp. 139-150, 2005.
- [14] C. Angulo, P. Ponsa y C. Raya, "Construcción modular de robots móviles. Proyecto basado en portafolio para estudiantes de grado," En *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje del IEEE*, IEEE-RITA, Vol. 1, No. 1, pp. 19-26, 2006.
- [15] R. Lawrence, "Teaching data structures using competitive games," En *IEEE Transactions on Education*, vol. 47, no. 4, pp. 459-466, 2004.
- [16] W.J. Schepens y J.R. James, "Architecture of a cyber defence competition," En *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 5, no., pp. 4300-4305 vol. 5, 5-8, 2003.
- [17] A. Conklin, "The design of an information security practicum course," En *actas del AIS SIG-ED IAIM 2007 Conference*, 2007.
- [18] L.M. Regueras, E. Verdu, M.J. Verdu y J.P. de Castro, "Design of a Competitive and Collaborative Learning Strategy in a Communication Networks Course," En *IEEE Transactions on Education*, vol. 54, no. 2, pp. 302-307, 2010.
- [19] J.R. Hackman y N. Vidmar, "Effects of size and task type on group performance and member reactions," En *Sociometry*, vol. 33, no. 1, pp. 37-54, 1970.



Xabiel G. Pañeda es Doctor e Ingeniero en Informática y Profesor Titular de Universidad del Área de Ingeniería Telemática del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo. Es miembro de diferentes organizaciones, como el SYMM (Synchronized Multimedia) del W3C. Especialista en servicios de audio/vídeo para Internet.



David Melendi Palacio es Doctor e Ingeniero en Informática y Profesor Titular de Universidad del Área de Ingeniería Telemática del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo. Es miembro de diferentes organizaciones, plataformas y comités de investigación como el SYMM (Synchronized Multimedia) del W3C. Especialista en servicios de audio/vídeo para Internet.



Sergio Cabrero Barros es Ingeniero de Telecomunicación y Profesor Ayudante del Área de Ingeniería Telemática del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Oviedo, Es especialista en servicios de audio/vídeo sobre redes móviles ad hoc.



Raquel Blanco Aguirre es Doctora e Ingeniera en Informática y Profesora Titular de Universidad Interina del Área de Ingeniería Telemática del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo. Es especialista en ingeniería del software.



Roberto García Fernández es Doctor e Ingeniero de Telecomunicación y Profesor Titular de Universidad del Área de Ingeniería Telemática del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo. Es especialista en redes de cable e integración servicios de audio/vídeo sobre las mismas.



Abel Rionda es Ingeniero en Informática por la Universidad de Oviedo donde ejerce como profesor asociado. En el año 2010 Abel creó su propia empresa dedicada a los sistemas móviles, la cual dirige en la actualidad.