



MÁSTER UNIVERSITARIO EN
SISTEMAS TELEMÁTICOS E INFORMÁTICOS

Curso académico: 2010/2011

Trabajo de Fin de Máster

PROMOCIÓN Y CREACIÓN DE COMUNIDAD
EN TORNO A UN PROYECTO DE SOFTWARE LIBRE
PARA GYMKHANAS MÓVILES Y SU FORMALIZACIÓN
COMO HERRAMIENTA DE M-LEARNING

Autor: Jorge Fernández González

Tutor: Gregorio Robles Martínez

Trabajo de Fin de Máster
PROMOCIÓN Y CREACIÓN DE COMUNIDAD EN TORNO A UN
PROYECTO DE SOFTWARE LIBRE PARA GYMKHANAS MÓVILES
Y SU FORMALIZACIÓN COMO HERRAMIENTA DE M-LEARNING

Autor
JORGE FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

Tutor
GREGORIO ROBLES MARTÍNEZ

La defensa del presente Trabajo de Fin de Máster se realizó el
día de de , siendo calificada por el
siguiente tribunal:

PRESIDENTE:

SECRETARIO:

VOCAL:

y habiendo obtenido la siguiente calificación:

CALIFICACIÓN:

, a de de

Copyright © 2011 Jorge Fernández González
Este documento se publica bajo la licencia **Creative Commons
Reconocimiento-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España.**
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/>

*El profesor del siglo XXI ha
de preparar a sus estudiantes
para un futuro incierto.*

Mark Prensky

Agradecimientos

Quisiera comenzar mostrando mi agradecimiento a la red de excelencia *eMadrid* (red de investigación y desarrollo sobre tecnologías para el *e-learning* en la Comunidad de Madrid) por financiar en parte y hacer posible el desarrollo de este trabajo. También por valorar y premiar el Proyecto Fin de Carrera que ha servido como punto de partida al trabajo aquí presentado con los premios *MadridOnRails* y *ATOS-Origin - eMadrid 2011*, renovándose con ello las ganas de seguir profundizando en este área del *technology enhanced learning* que tanto camino tiene aún por recorrer y del que la sociedad poco a poco ya comienza a beneficiarse.

A Gregorio Robles como tutor de este trabajo, por mantener vivas como el primer día la ilusión y la fe en el proyecto, aportando nuevas ideas que siempre suponen una nueva vuelta de tuerca donde parecía que todo había llegado a su fin. También por la confianza depositada en mí, al igual que por parte de Pedro de las Heras, ofreciéndome la oportunidad de pasar este último año en *GSyC/LibreSoft*.

A todas las personas que he conocido durante este año en *GSyC/LibreSoft*, por hacerme sentir como en casa casi desde el primer momento, por esas charlas, ideas, y un largo etcétera: Miguel Ángel, Álvaro, Daniel, Alicia, Felipe, Santiago Dueñas, Pedro García y Pedro Coca, Roberto Andradas, Bartolomé, Luis, José, Raúl (ya viejos conocidos) y Jesús. Pero muy especialmente a Roberto Calvo, por aquellas tardes diseñando la integración con redes sociales, que si bien finalmente no ha formado parte de este trabajo, queda apuntado de cara al futuro; y a José Antonio y Santiago Carot, por ser unos excelentes compañeros de despacho y ejercer como *beta testers* particulares, maltratando la aplicación para buscar errores y poder hacer de ella algo un poco mejor y más estable.

A mi familia, por apoyarme siempre en todas mis decisiones, y esperando que esta mala racha pase rápido.

Por último, a todas las personas que han mostrado algún interés en este proyecto, ya sea participando en algún evento organizado, o aportando ideas para mejorarlo, usándolo y contemplándolo como herramienta de *m-learning*.

Resumen

Se podría decir que la sociedad actual es la sociedad de la tecnología y de Internet. Existen dispositivos con capacidad de cómputo y conexión a redes de datos en cada sitio al que se pueda acudir, con funcionalidades de lo más variopintas y hasta el punto de crear en algunos casos una fuerte dependencia impensable hace apenas unos años. Tanto es así, que incluso en el campo de la educación, pilar fundamental dentro de toda sociedad ya que gracias a ella se fragua el futuro de la misma, se está produciendo una ruptura nunca antes conocida. La tecnología está provocando grandes cambios en la forma en que las nuevas generaciones aprenden, ya que estos artilugios ponen a su disposición todo tipo de información en cualquier lugar y en cualquier momento.

Las principales personalidades de reconocido prestigio internacional dentro del área de investigación dirigida a los entornos educativos, llevan años hablando de una nueva generación denominada *nativos digitales*, frente a aquellas otras generaciones conocidas como *inmigrantes digitales*. Docentes, investigadores, gobiernos, etc., reconocen la necesidad de adaptar el sistema educativo tradicional a las nuevas necesidades de las generaciones venideras, y con tal de explotar al máximo las potencia que la tecnología ofrece también en este área. Es por ello que muchos grupos de investigación distribuidos por todo el mundo, están dedicando todos sus esfuerzos al área conocida como *technology enhanced learning*.

Dentro de este campo, tomando como punto de partida un Proyecto Fin de Carrera realizado por el mismo autor de este Trabajo de Fin de Máster, en el cual se consiguió portar a una plataforma tecnológica un juego tradicional como es una *gymkhana*, y explotando las buenas características que a día de hoy comienzan a reconocerse a los juegos debidamente introducidos en los procesos formativos y educativos, se va a realizar un trabajo con una doble finalidad. Si bien el Proyecto Fin de Carrera de partida poseía una alta calidad técnica, tras su finalización, llega el momento de darlo a conocer al público para su utilización, al mismo tiempo que se amplíe, mejore y formalice como herramienta de *m-learning* dentro del *technology enhanced learning*. Por tanto, a lo largo de esta memoria, se procederá a especificar todas las acciones realizadas con tal de promocionar este proyecto para la creación de una comunidad de usuarios en torno al mismo, además de indicar las nuevas funcionalidades desarrolladas, encaminadas al enriquecimiento del sistema como herramienta para el aprendizaje. Todo ello, con la realización final de un experimento de investigación a través del cual se puedan validar unas hipótesis de trabajo, obteniendo así una serie de consecuencias y conclusiones, y una validación del sistema dentro de entornos educativos.

Índice General

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Estructura de la Memoria	7
2. Estado del Arte	9
2.1. M-Learning	9
2.2. Proyecto Fin de Carrera de Partida	10
2.3. Aplicaciones Cliente-Servidor	12
2.4. <i>Python</i> y <i>Django</i>	14
2.4.1. <i>Python</i>	15
2.4.2. <i>Django</i>	16
2.5. <i>Android</i>	17
2.5.1. Principales Características	18
2.5.2. Arquitectura	19
2.5.3. <i>Android SDK</i>	22
2.5.4. <i>Componentes de una Aplicación Android</i>	22
2.5.5. Terminales <i>Android</i> en el Mercado	25
2.6. <i>LibreGeoSocial</i>	28
3. Promoción y Creación de Comunidad	31
3.1. Licencia y Publicación del Código Fuente	31
3.2. Buenas Prácticas en la Liberación	32
3.3. Despliegue del Servidor	33
3.3.1. Creación de <i>m-Gymkhanas</i> de Ejemplo	34
3.4. Primera <i>Release</i> de la Aplicación <i>Android</i>	35
3.5. Página <i>Web</i> del Proyecto	38
3.6. Promoción del Proyecto	41
3.6.1. Eventos	41
3.6.2. Presentaciones, Seminarios y Talleres	46
3.6.3. Artículos	48
3.7. Resultados	49
3.7.1. Descargas de la Aplicación <i>Android</i>	49
3.7.2. Número de Usuarios Registrados en el Sistema	52

3.7.3. Errores y <i>Bugs</i>	54
3.7.4. Principales Usuarios Interesados en la Herramienta	55
3.7.5. Penetración del sistema de <i>m-Gymkhanas</i>	57
4. Ampliación y Mejora de la Herramienta de <i>M-Learning</i>	59
4.1. Consulta del Estado del Arte	59
4.2. Nuevas Funcionalidades	60
4.3. Análisis del Proyecto	76
4.4. Comparativa entre plataformas de <i>e-Learning: e-Adventure</i> y <i>m-Gymkhana</i>	78
4.4.1. Esfuerzo por Parte del Docente	78
4.4.2. Otros Aspectos	84
4.5. Experimento de Investigación	85
5. Conclusiones y Futuras Líneas de Trabajo	89
5.1. Conclusiones	89
5.2. Futuras Líneas de Trabajo	91

Lista de Figuras

2.1. Cuadro resumen de diferentes vertientes y campos dentro del <i>Technology Enhanced Learning</i> y con especial interés para la red <i>eMadrid</i>	10
2.2. Esquema general del sistema	11
2.3. Diagrama de flujo de una aplicación cliente-servidor	14
2.4. Captura de <i>Android Market</i> para la publicación y descarga de aplicaciones	18
2.5. Emulador de dispositivo para <i>Android</i>	20
2.6. Arquitectura en capas de la plataforma <i>Android</i>	20
2.7. Ciclo de vida de una <i>Activity</i> de <i>Android</i>	24
2.8. Teléfonos móviles <i>HTC Dream (G1)</i> y <i>HTC Magic (G2)</i>	26
2.9. Terminales móviles <i>Nexus One Phone</i> y <i>iPhone</i>	27
2.10. Estimación de ventas de <i>smartphones</i> para el año 2012 según <i>Gartner</i>	27
2.11. Cuota de mercado por sistema operativo para dispositivos móviles en Estados Unidos en marzo de 2011 según <i>Nielsen</i>	28
3.1. Esquema general del sistema desplegado en producción	34
3.2. Fragmento de la página <i>web</i> de inicio del proyecto <i>LibreSoft Gymkhana</i> - http://gymkhana.libresoft.es	39
3.3. Cartel promocional de la Noche de los Investigadores 2010	42
3.4. Cartel promocional de la X Semana de la Ciencia	43
3.5. Logotipo del grupo GSyC/LibreSoft en el que se ha desarrollado el proyecto y en el que se celebró la <i>release party</i>	44
3.6. Cartel promocional de la Primera Semana de Obras Libres	44
3.7. Logotipo del FesTICval 2011 en la Universidad Rey Juan Carlos	45
3.8. Logotipo promocional del <i>IEEE EDUCON 2011</i>	48
3.9. Evolución en el tiempo del número de descargas de la aplicación <i>Android</i> desde el <i>Market</i> y actualmente instaladas en el terminal	50
3.10. Distribución de las instalaciones de la aplicación <i>Android</i> según versión y dispositivo	52

3.11. Distribución de las instalaciones de la aplicación <i>Android</i> según el idioma configurado por defecto en el smartphone y el país de procedencia	53
3.12. Informe de <i>bugs</i> reportados de la aplicación en el <i>Android Market</i>	54
4.1. Configuración de la <i>m-gymkhana</i> como una sucesión causal de retos o como una <i>gymkhana</i> circular	61
4.2. <i>M-Gymkhana</i> configurada con retos circularmente y sin relación lineal de precedencia	62
4.3. <i>M-Gymkhana</i> configurada con retos siguiendo una historia lineal	62
4.4. Tabla de clasificación de los equipos en una <i>m-gymkhana</i>	63
4.5. Consulta del <i>ranking</i> de usuarios desde la aplicación <i>Android</i>	63
4.6. <i>Ranking</i> de jugadores y gradación por puntos	64
4.7. Formulario <i>web</i> para incluir una imagen que ilustre un reto de la <i>m-gymkhana</i>	66
4.8. Formulario <i>web</i> para incluir una imagen promocional de la <i>m-gymkhana</i>	66
4.9. Muestra de las imágenes promocionales de eventos y de imágenes ilustrativas de un reto en la aplicación <i>Android</i>	67
4.10. Formulario <i>web</i> para seleccionar si el reto requiere la lectura de códigos <i>QR</i>	68
4.11. Código <i>QR</i> e interfaz para lanzar la aplicación lectora de códigos <i>QR</i> desde la aplicación <i>Android</i>	69
4.12. Formulario <i>web</i> para la introducción de las diferentes opciones de respuesta en un reto de tipo test	70
4.13. Muestra de la selección y envío de respuesta ante un reto de tipo test	70
4.14. Formulario <i>web</i> para la introducción de los objetivos de aprendizaje de una <i>m-gymkhana</i>	72
4.15. Formulario <i>web</i> para la introducción de los objetivos de aprendizaje de un determinado reto	73
4.16. Evolución del proyecto en el tiempo respecto de su número de líneas de código, comentarios y líneas en blanco	77
4.17. Evolución en el tiempo de la actividad dentro del proyecto respecto del número de <i>commits</i> realizados	77
4.18. Logotipo de la plataforma <i>e-Adventure</i>	78
4.19. Muestra del inicio de la <i>m-gymkhana</i> creada para la comparativa con un videojuego análogo desarrollado con <i>e-Adventure</i>	80
4.20. Muestra de la aventura gráfica sobre Richard M. Stallman desarrollada con la plataforma <i>e-Adventure</i>	82

Lista de Tablas

4.1. Comparativa de esfuerzo, requisitos y costes en <i>e-Adventure</i> y <i>m-Gymkhana</i>	83
---	----

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

Ordenadores portátiles, teléfonos móviles y *smartphones*, tabletas, videoconsolas, PDAs, libros electrónicos, MP3s/MP4s, Internet, ... La tecnología rodea a la sociedad actual por todos sus costados y en todos sus ámbitos, desde el ocio o la cultura, hasta el trabajo. Hace apenas unos años, ante la compra de un nuevo electroméstico o aparato electrónico, era algo habitual pasar largos minutos consultando página arriba y página abajo los manuales de instrucciones para conocer el funcionamiento de la nueva adquisición, aunque tan sólo se pretendiera programar una sencilla grabación de vídeo o sintonizar nuevos canales de televisión, fruto quizás de una provechosa combinación de desconocimiento tecnológico y temor por estropear el flamante artilingio.

A día de hoy, no se deja de mostrar asombro ante la facilidad que muy especialmente los niños y jóvenes de la sociedad actual, tienen para el manejo de nuevos dispositivos electrónicos de lo más variopintos, descubriendo su funcionamiento y posibilidades más avanzadas sobre la marcha, de una manera innata y sin necesidad de ningún apoyo, como si de algo totalmente natural se tratase.

Estos niños y jóvenes, no son más que, empleando el término que Mark Prensky acuñó ya en 2001 [[PrenskyDigitalNatives:2001](#)], *nativos digitales* que han nacido rodeados de la tecnología hasta el punto de que ésta forma parte habitual de su vida, frente a los adultos de la actualidad o *inmigrantes digitales*, que llevan adaptándose a esta revolución durante los últimos años, intentando sobrellevar de la mejor manera una transición demasiado abrupta entre un mundo analógico y otro totalmente digital.

Sin duda alguna, las nuevas generaciones no están creciendo del mismo modo que lo hicieron las generaciones pasadas, sino que se está produciendo una revolución que sólo el tiempo dirá si quizás se encuentre a la altura

de la propia democratización de la cultura que se produjo progresivamente y tras la invención de la imprenta. Tanto es así, que se están produciendo cambios incluso en la manera que los niños tienen de aprender, y usando además para ello esa tecnología y esas fuentes de conocimiento que tienen al alcance de su mano. La sociedad no puede permanecer indiferente a estos cambios tan abruptos, sino que debe adaptarse y explotar las nuevas y ventajosas posibilidades que se presentan. A menudo incluso se suele acusar a los jóvenes estudiantes de tener una ínfima capacidad de concentración en aquello que están haciendo en un momento determinado, cosa que se achaca de una manera peyorativa precisamente a todos estos dispositivos electrónicos, a las rápidas lecturas que se realizan en ellos, saltando continuamente de una parte a otra, etc. Pero quizás se deba pensar en que el modelo de educación actualmente establecido en las escuelas, institutos y universidades, se corresponde realmente con unos patrones de enseñanza válidos en siglos pasados, y no en la cambiante sociedad actual. Por tanto, cabe reflexionar que quizás sea beneficioso emprender una reforma de ese método educativo tradicional imperante, sustituyéndolo por otro sistema educativo más propio y adecuado a los tiempos que corren y que permita a los alumnos explotar al máximo todos los elementos que tienen a su alcance para una mayor estimulación intelectual, teniendo siempre presente que esos estudiantes están siendo preparados para ejercer en el futuro profesiones que en muchos casos, probablemente todavía no existen a día de hoy.

Partiendo de esta base surge precisamente el área de investigación denominada *technology enhanced learning*, o ese otro término tan extendido: *e-learning*, o lo que es lo mismo, estudiar, analizar e investigar cómo se puede utilizar la tecnología con tal de que se puedan mejorar los procesos de aprendizaje.

Dentro de este ámbito, se está consiguiendo que poco a poco desaparezca la mala imagen con la que contaban todo tipo de juegos en dispositivos electrónicos, hasta el punto de quedar estigmatizados como elementos nada instructivos, consumidores de tiempo que debería ser invertido en tareas más provechosas, etc. Pero lo cierto es que a día de hoy, parece que educadores, investigadores y pedagogos están cobrando consciencia de que los juegos educativos, o los denominados *serious games* en general, pueden reportar importantes beneficios para los alumnos. Todo ello además, teniendo en cuenta que a menudo el alumno ni siquiera será consciente del proceso de aprendizaje en el que se está viendo involucrado, ya que a través de estas herramientas, el aprendizaje se vuelve transparente, ameno y atractivo. Tanto es así, que se debe pensar que incluso en aquellos juegos sin una clara finalidad educativa, también se cuenta de una manera subyacente con elementos formadores, ya que sin ir más lejos, y por indicar un ejemplo, introducen e involucran al jugador en un mundo con unas reglas preestablecidas y muy claras que deberá cumplir con tal de alcanzar los objetivos del juego, superando sus diferentes

niveles, cosa que sin duda, podrá ayudar a dicho jugador para desarrollar ese mismo sentido dentro de la sociedad en la que vive.

Por otro lado, los pequeños dispositivos electrónicos móviles han irrumpido con gran fuerza en el mercado, muy especialmente en el caso de los *smartphones* dentro del mundo de la telefonía móvil. Gracias a esto, el usuario puede contar siempre con un dispositivo con una potente capacidad de cómputo independientemente de su ubicación geográfica, por lo que además, este pequeño dispositivo móvil puede convertirse en un gran aliado para cubrir y aprovechar los tiempos muertos a lo largo del día, como el típico ejemplo de las esperas y viajes en el transporte público hasta el centro de estudios o puesto de trabajo.

La combinación de juegos y dispositivos móviles, supone una nueva revolución ante la cual los sistemas educativos no deben dar la espalda, ya que por primera vez se hace posible que cualquier persona, pueda aprender sobre cualquier materia que le interese, en el momento que mejor le parezca y desde el lugar en el que se encuentre, y todo ello de una manera amena, de modo que el proceso de aprender, se convierte en una tarea entretenida y atractiva.

Bajo esta premisa de partida, se realizó un Proyecto Fin de Carrera que sirve como inicio a este Trabajo de Fin de Máster y consistente en el diseño e implementación de un servicio de telecomunicación orientado a *m-learning* para la creación y participación en *gymkhanas* móviles con *smartphones Android*. Las *gymkhanas* o *gymkhanas* son en la actualidad uno de los juegos más populares de entre aquellos que se realizan al aire libre con grandes grupos de personas. Su objetivo final es superar el mayor número posible de los retos propuestos, fomentándose ante todo el trabajo en equipo y la cooperación. Así, en el anterior Proyecto Fin de Carrera se consiguió de manera exitosa trasladar ese juego tradicional a una plataforma tecnológica, gracias a la cual se obtienen muchas ventajas tal y como quedó demostrado, como por ejemplo, el menor tiempo, coste y recursos humanos necesarios para organizar una actividad de este tipo, o las múltiples y novedosas posibilidades que se pueden presentar en las *gymkhanas* gracias al uso de la tecnología.

En este sistema de *gymkhanas* móviles a través de la tecnología, se combinan por lo tanto lo mejor de ambos mundos: el mundo de los juegos y del *game-based learning*, que ahora se puede beneficiar de la movilidad y en general, del mundo de los dispositivos móviles con capacidad de cómputo. Así, se sabe que algunas de las ventajas que se obtendrán, pueden ser las siguientes, y que por otro lado, ya se han ido señalando someramente durante esta introducción [Lavín:2008]:

- Los juegos son entretenidos, siendo esto su principal característica y argumento a favor de su introducción en los procesos formativos y educativos, lo que unido a la movilidad geográfica que aportan los *smart-*

phones, puede hacer realidad el ya clásico eslogan de "anytime, anywhere", en esta ocasión, en el caso del aprendizaje.

- Los juegos son inmersivos, ya que introducen al jugador en un mundo nuevo dentro del cual interaccionar y ejecutar acciones que le lleven a la superación de las distintas fases o niveles del mismo.
- Los juegos estimulan la cooperación entre los diferentes jugadores miembros de un mismo equipo, y la competición con los jugadores de los equipos rivales en su sentido más sano, entendido como una motivación extra para el alumnado.

Continuando por esta línea de trabajo, actualmente se están dedicando muchos esfuerzos al desarrollo e investigación sobre videojuegos y mundos virtuales en general, de cara a la creación de un entorno nacido de la nada dentro del cual el alumno pueda interaccionar, desplazarse, etc., pero de una manera siempre virtual y representado por un avatar. En contraposición, el sistema para la realización de *gymkhanas* móviles apuesta por esta misma línea, pero de tal modo que se despoje a la tecnología de toda esa inteligencia artificial con la que está siendo dotada, de tal modo que el mundo virtual sea creado por y en la propia mente del alumno y dentro del mundo real, sin darle todo el trabajo de abstracción ya hecho. Con ello, se puede estimular mucho más la imaginación del alumno y consiguiéndose entonces lo que se podría considerar como un mundo virtual *low cost*, dado que ya no será necesario desarrollar técnicamente esos videojuegos y mundos virtuales tal y como son conocidos actualmente. ¿Puede haber por tanto una actividad educativa más inmersiva aún que la propia interacción del alumno sobre el mundo real en el cual se aplica un grado de abstracción relativo a la materia objeto de estudio y con su cerebro (al fin y al cabo, la máquina más potente conocida) a pleno rendimiento? Es aquí donde además, más énfasis se hace en el conocido como *Learning by Doing* o aprender haciendo, que Clark Aldrich [Aldrich:2001] popularizó pero en su caso orientado a la simulación y elaboración de videojuegos, cuando en muchos casos, esto mismo se puede hacer físicamente, sin necesidad de emuladores.

1.2. Objetivos

Como se ha indicado en la sección anterior, este Trabajo de Fin de Máster parte de un Proyecto Fin de Carrera por medio del cual se logró un sistema para la organización y participación en *gymkhanas* móviles con *smartphones Android*. La calidad y potencia de este proyecto era muy alta, tal y como demuestra la consecución de dos premios dentro del ámbito del *e-learning* (*Premios MadridOnRails* y *ATOS-Origin eMadrid 2011*) así como financiación

para continuar trabajando sobre el proyecto, por parte de la red de excelencia *eMadrid* de la Comunidad de Madrid y que fomenta la investigación y el desarrollo de tecnologías de apoyo al aprendizaje (*Technology Enhanced Learning*).

Así pues, una vez que se contaba con la herramienta tecnológica, se establecieron dos grandes y ambiciosos objetivos de cara al trabajo futuro:

- **Promoción y creación de comunidad en torno al proyecto de *software* libre.**

El primero de estos objetivos tiene que ver con la promoción y creación de una comunidad de usuarios alrededor de este proyecto de *software*. Más específicamente, se trata de un proyecto de *software* libre por sí mismo, y desarrollado igualmente apoyándose y haciéndose uso de otras tecnologías y *software* libre, como puede ser el caso del *framework* de desarrollo *web Django*, la base de datos *PostgreSQL* o la plataforma *Android*, entre otros casos. Así, existen diferentes técnicas, procesos y buenas prácticas [Behlendorf:1999, Blondeel] bien conocidas y más que recomendables de cara a conseguir la promoción y creación de comunidad alrededor de un proyecto de *software* libre, tal y como es el caso aquí presentado.

Sin duda alguna se trata de un objetivo ambicioso a la vez que complicado. Esto se debe no sólo a la complejidad del proceso, sino también a otros muchos factores. Entre estos factores, se puede señalar el hecho de que actualmente, el equipo de desarrollo del proyecto está integrado por una única persona de perfil técnico, y además sin conocimientos de *marketing* e imagen, por mencionar alguno de los aspectos que se verán involucrados durante el proceso. Más precisamente dentro del ámbito del *m-learning* o del *e-learning* en general, existen muchos proyectos ya en curso desde hace años y con grupos de trabajo integrados por múltiples personas, por lo que el hecho de competir con esos otros proyectos con un largo recorrido en el campo y con muchos más recursos destinados al mismo, hace que la complicación para hacerse un hueco en el área sea mayor.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que en el campo del *e-learning*, la tónica habitual es contar con un único componente que configura en sí mismo la herramienta para el aprendizaje como un todo, tal y como sucede en el caso de *Moodle* y los videojuegos y mundos virtuales, que una vez creados y puestos a punto, tan sólo deben ser instalados y utilizados. Sin embargo, en este sistema se cuenta con dos componentes a los cuales el docente deberá prestar atención: por un lado un servidor *web* con su respectiva interfaz para la organización y gestión de *m-gymkhanas*, y una aplicación *Android* destinada a los participantes

finales en las mismas. Esto hace que se trate de algo novedoso en este campo, dado que añade cierta complejidad adicional al romperse los hábitos del docente.

Se trata de algo novedoso también por ser prácticamente la primera vez que desde una universidad se intenta trabajar en la promoción de un proyecto orientado al *mobile learning*, ante el cual no se conoce absolutamente nada sobre la reacción que van a tener docentes, alumnos y en definitiva, los usuarios finales, hacia el sistema. Y un *handicap* adicional lo supone el hecho de que a día de hoy, si bien todos los hogares de los países desarrollados cuentan ya con un ordenador con conexión a Internet, no resulta tan frecuente disponer de un *smartphone* con conexión de datos, y menos aún en el caso de alumnos adolescentes y jóvenes a los cuales está destinado el proyecto mayoritariamente.

Así, teniéndose siempre presente la dificultad de lograr el objetivo, pero manteniendo una visión realista y no persiguiendo ni mucho menos la obtención de un *hit* entre las descargas de la aplicación móvil en el *Android Market*, se pondrá todo el esfuerzo por conocer el proceso para la promoción y creación de comunidad en torno a un proyecto de *software* libre e intentando conseguir la mayor visibilidad posible para el proyecto.

- **Ampliación, mejora y validación del sistema para su formalización como herramienta de *m-learning*.**

Tal y como se comentaba anteriormente, el Proyecto Fin de Carrera que sirve como base a este trabajo, era muy rico y completo tecnológicamente y muy especialmente para la organización de *gymkhanas* móviles en un ambiente lúdico. Por eso, el otro gran objetivo de este Trabajo de Fin de Máster, será no sólo la mejora tecnológica del *software* del sistema mediante la depuración de *bugs*, mejora de la usabilidad, etc., sino también la ampliación de funcionalidades orientadas al enriquecimiento multimedia y disponer de un abanico mucho mayor de posibilidades como por ejemplo a través de nuevos tipos de retos, pero también hacia aspectos de un interés muy orientado a ámbitos educativos, como puede ser mediante el retorno de *feedback* a docente y alumno a través de la herramienta. A esto se podría añadir también la comparativa desde diferentes aspectos de esta herramienta de *e-learning* con otras con largo recorrido y que gozan de cierta popularidad dentro del área, para lo cual, será necesario tanto un estudio del estado del arte, como el estudio y familiarización con esas otras plataformas.

Por último, como colofón final al trabajo, se realizará un experimento de investigación dentro del *technology enhanced learning* mediante el cual, se pueda comprobar la validez del sistema como herramienta de *m-learning*, tras su comparativa con un grupo de control empleando

una metodología de aprendizaje tradicional, y con un grupo adicional empleando como metodología alguna otra herramienta de *e-learning* alternativa, teniendo como principales hipótesis de trabajo tanto la mejora que puede introducir la tecnología en el proceso educativo, como por ejemplo, dentro del *game-based learning*, la comparativa entre un videojuego a modo de mundo virtual, con el sistema aquí presentado y apoyándose sobre el mundo real como verdadera estimulación intelectual, configurándose con ello lo que se podría conocer como mundo virtual *low cost*, tal y como se ha venido indicando a lo largo de este capítulo.

1.3. Estructura de la Memoria

A modo de panorámica sobre la estructura de la memoria, a continuación se presenta una breve indicación del contenido de cada uno de los capítulos en los que ésta se divide:

- ***Capítulo 1: Introducción.***

En este capítulo se presenta la motivación para la realización del presente Trabajo de Fin de Máster, así como los objetivos marcados. Además, se realiza un breve comentario sobre la estructura de la memoria.

- ***Capítulo 2: Estado del Arte.***

En este capítulo se presentan los aspectos más relevantes de las tecnologías con más presencia en el Trabajo de Fin de Máster.

- ***Capítulo 3: Promoción y Creación de Comunidad.***

En este capítulo se presenta todo el proceso y acciones encaminadas a la promoción y creación de comunidad alrededor del proyecto de *software* libre para *m-learning* sobre el que se está trabajando, basado en *gymkhanas* móviles con *smartphones Android*.

- ***Capítulo 4: Ampliación y Mejora de la Herramienta de M-Learning.***

En este capítulo se presentan las nuevas funcionalidades introducidas sobre el proyecto. En unos casos esas nuevas funcionalidades y trabajos realizados están destinados a ampliar y enriquecer la propia herramienta, y en otros casos para la formalización del sistema como herramienta de *m-learning* en entornos de investigación sobre *technology enhanced learning*.

- ***Capítulo 5: Conclusiones y Futuras Líneas de Trabajo.***

En este capítulo y a modo de cierre de la memoria, se presenta una serie de conclusiones sobre el trabajo realizado, así como las posibles líneas de trabajo a seguir con tal de avanzar, evolucionar, completar y mejorar el sistema, así como los resultados cosechados.

- ***Bibliografía.***

Se presentan las principales referencias bibliográficas, definiciones de estándares, informes técnicos y artículos en publicaciones y conferencias, consultados durante la realización del Trabajo de Fin de Máster.

Capítulo 2

Estado del Arte

En este capítulo se presentan las nociones elementales sobre los aspectos tecnológicos con mayor peso dentro del Trabajo de Fin de Máster, tales como el *m-learning* o la plataforma *Android*.

2.1. M-Learning

El *M-Learning* o *mobile learning*, dentro de un contexto del llamado aprendizaje electrónico (*e-learning*) y/o de la educación a distancia, se refiere a una metodología de aprendizaje apoyada fundamentalmente sobre dispositivos móviles, tales como *smartphones*, *tablets*, *PDA's*, etc.

Recurriendo a una definición más completa y formal, se podría decir que el *mobile learning* es: “*Any sort of learning that happens when the learner is not at a fixed, predetermined location, or learning that happens when the learner takes advantage of the learning opportunities offered by mobile technologies.*”¹

En cualquier caso, el *M-Learning* no deja de ser un caso particular de las tecnologías y propuestas enmarcadas dentro del marco del *Technology Enhanced Learning*, que en este caso en concreto, apuesta y explota esa posibilidad de la movilidad y la deslocalización geográfica ligada al proceso educativo y/o formativo. Todo ello, gracias a que los dispositivos ubicuos actuales soportan dos posibilidades básicas dentro de un entorno de *Technology Enhanced Learning*, es decir, la posibilidad de conexión a redes de datos y gran capacidad de cómputo con tal de poder acceder a la *web*, a recursos multimedia, entornos sociales y colaborativos a través de la red, etc. Con todo ello, se hace posible la transferencia de habilidades y conocimiento.

De esta manera, un ejemplo clásico de aprendizaje móvil consiste en el

¹“*Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment*”, *MOBIlearn*, October 2003, pp. 6. Retrieved June 8, 2009.

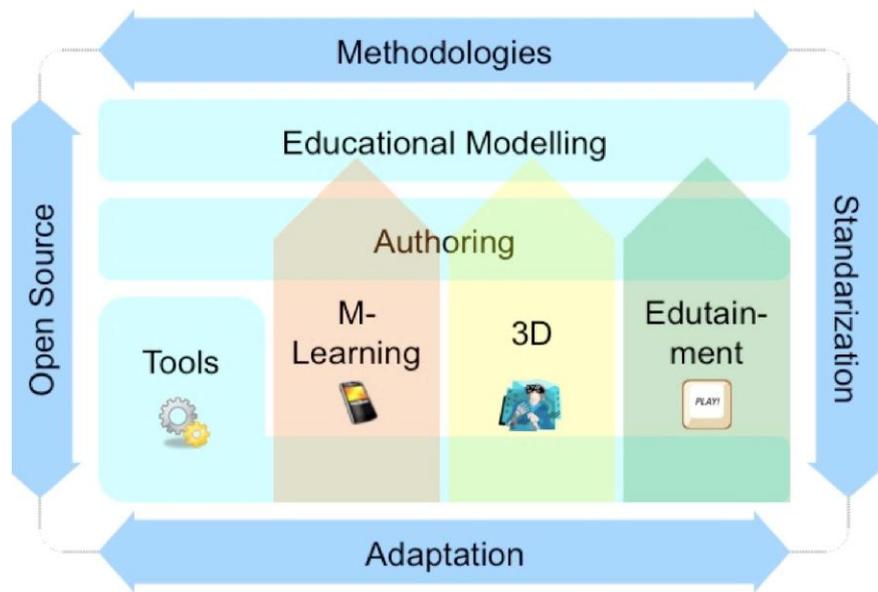


Figura 2.1: Cuadro resumen de diferentes vertientes y campos dentro del *Technology Enhanced Learning* y con especial interés para la red *eMadrid*

hecho de aprovechar los tiempos muertos en la parada del autobús o durante los propios transportes en tren, siendo el propio estudiante quien gestiona su tiempo, aprendiendo en cada momento sobre aquello que más le apetece en cada momento, y en definitiva, haciendo posible una educación a la carta en función no sólo de las necesidades sino también de los intereses de la persona en cuestión.

2.2. Proyecto Fin de Carrera de Partida

A la finalización del Proyecto Fin de Carrera que sirve como punto de partida para este Trabajo de Fin de Máster, contamos con el sistema mostrado de manera esquemática en la figura 2.2.

Este sistema permite la creación de *gymkhanas* móviles a través de una interfaz *web*, como la sucesión de una serie de retos o enigmas a resolver, y destinadas a la participación mediante *smartphones Android*. Igualmente, el gestor de la *gymkhana* mediante ese mismo portal *web*, podrá monitorizar y administrar la actividad durante su transcurso en tiempo real.

El sistema fue validado durante el Proyecto Fin de Carrera a través de un total de tres experimentos con voluntarios ajenos al proyecto. Estos experimentos fueron de una envergadura creciente, tanto en el número de par-

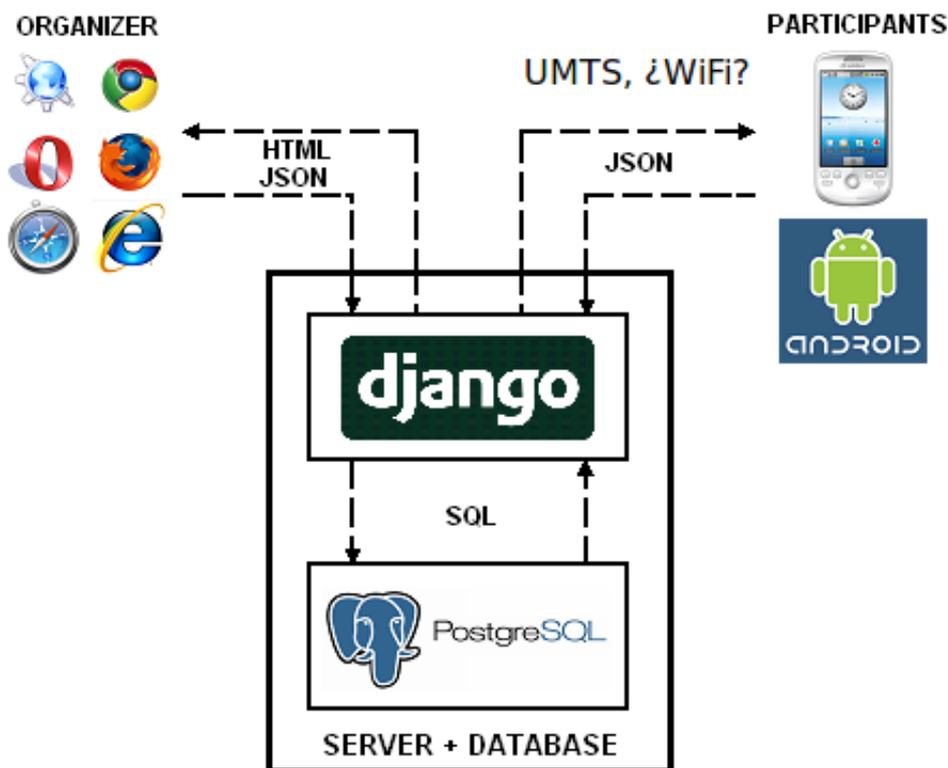


Figura 2.2: Esquema general del sistema

participantes y por tanto de teléfonos móviles, como en la duración temporal de las *m-gymkhanas*.

Finalmente, un total de unos 50 alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos participaron a lo largo de estos experimentos. Y además, tras la realización de diferentes encuestas a los participantes a través de *Moodle*, se pudo corroborar que el sistema, al término de los tres experimentos, era suficientemente maduro y robusto tecnológicamente.

Además, fruto del trabajo realizado en este Proyecto Fin de Carrera, se cosecharon un total de dos premios a nivel nacional otorgados por la red de excelencia *eMadrid*²³, concretamente:

- Premio *ATOS-Origin – eMadrid 2011* al mejor proyecto fin de carrera con temática relacionada total o parcialmente con la investigación o desarrollo de tecnologías para el *e-learning*.

²<http://www.emadridnet.org>

³La red *eMadrid* es un proyecto subvencionado por la Comunidad de Madrid que fomenta la investigación y el desarrollo de tecnologías de apoyo al aprendizaje (*Technology Enhanced Learning*).

- Premio *MadridOnRails* – *eMadrid 2011* al mejor trabajo o desarrollo de *software* libre relacionado con la educación.

2.3. Aplicaciones Cliente-Servidor

Dentro de los sistemas distribuidos, el modelo estándar más extendido para la ejecución de aplicaciones en una red en todos sus ámbitos territoriales (ya sea *WAN*, *MAN*, *LAN* o *PAN*) es el modelo cliente-servidor [[Márquez-García:1996](#)].

Partiremos del hecho de que un servidor será un proceso ejecutándose en una determinada máquina de la red. Su cometido se basará en gestionar diversos servicios así como el acceso a los recursos capaces de ofrecer dichos servicios. Para hacer posible esta gestión, el servidor estará en continua espera de una petición de servicio. En el momento en que esa petición se produzca, el servidor comenzará a ejecutar las acciones necesarias para atenderla, volviendo al estado de espera una vez se haya terminado de ofrecer el servicio solicitado.

Dependiendo de la forma que posea el servidor de prestar el servicio, se podrá estar ante dos tipos distintos de servidores:

- Los servidores interactivos, que serán aquellos que tras recoger una petición de servicio, la atienden.
- Los servidores concurrentes, aquellos otros que por cada petición de servicio recogida, crearán un proceso hijo encargado de atender la petición asignada cuya finalización se producirá una vez que el servicio se haya ofrecido. Este patrón a su vez tiene múltiples variantes, como puede ser el uso de un *pool* o repositorio de hilos disponibles en todo momento y destinados únicamente a la atención de las peticiones de servicio entrantes.

En cuanto a las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos tipos de servidores, se puede decir que para el primero de ellos existe una menor complejidad en la implementación, aunque bien es cierto que si se cuenta con un servidor lento y una alta demanda de servicio, se producirán retardos de importante magnitud en las comunicaciones. Este tipo de servidor está indicado por tanto cuando la respuesta ante una petición de servicio es sencilla, por lo que el tiempo de procesado es mínimo.

Por su parte, los servidores concurrentes, presentan los inconvenientes de una mayor complejidad, además de que tan sólo se podrán implementar sobre sistemas multiproceso, como es el caso de *Linux* y de *UNIX* en general. Pero

la ventaja que ofrecen, y que por otra parte hace que sean los servidores más extendidos por la red, es una alta velocidad de recogida de peticiones en el servidor por parte de su proceso padre, al ser éstas atendidas por cada uno de los procesos hijo creados. Por lo tanto, los servidores concurrentes son especialmente recomendables en aquellas aplicaciones para las cuales los tiempos de servicio sean variables.

En la figura 2.3 se encuentra un resumen gráfico de la interacción entre los dos entes de una aplicación cliente-servidor, teniendo en cuenta que se ha considerado un servidor concurrente, a partir del cual fácilmente se puede entender cuáles serían las acciones de uno interactivo.

Así pues, se pueden resumir de manera genérica las acciones que llevará a cabo un programa servidor y las que realizará un programa cliente. Analizando en primer lugar el servidor:

1. Abrir el canal de comunicaciones y notificar a la red tanto su dirección (identificador bajo el cuál responderá) como su disposición para la atención de peticiones.
2. Permanecer a la escucha en su *socket* de comunicaciones, esperando la recepción de una petición de servicio por parte de un cliente.
3. Una vez recibida la petición, en caso de tratarse de un servidor interactivo, se atenderá dicha petición. En caso de disponer de un servidor concurrente, éste creará un proceso hijo que finalizará su ejecución cuando haya terminado de atender la petición del cliente.
4. Nuevamente se volverá al punto 2, es decir, se volverá a la espera de una nueva petición repitiéndose este ciclo de manera indefinida.

Por su parte, el proceso cliente ejecutará las siguientes acciones:

1. Abrir el canal de comunicaciones y conectar con la dirección del servidor (esta dirección deberá ser conocida por parte del cliente y acorde con las dirección del conector que se esté empleando en la comunicación, ya sea una dirección *MAC Ethernet*, *IP*, puerto de nivel de transporte, etc.).
2. Enviar al servidor una petición de servicio y permanecer a la espera de obtener una respuesta.
3. Procesar la respuesta recibida, cerrar el canal de comunicaciones y terminar la ejecución.

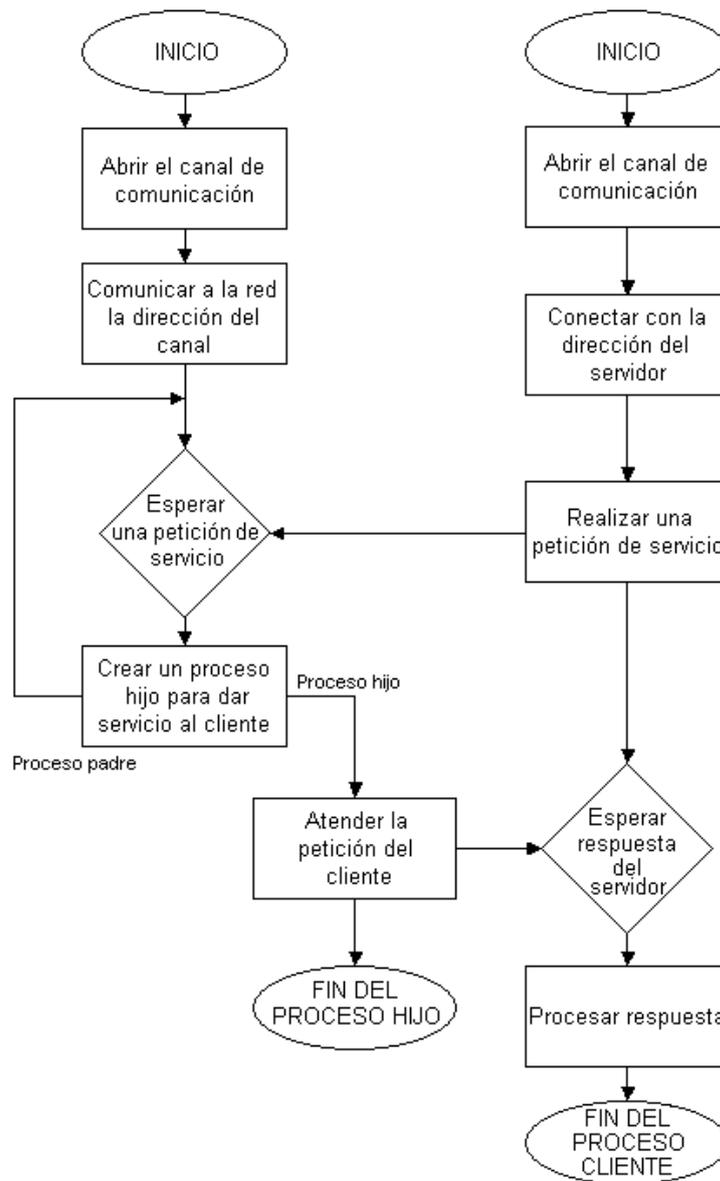


Figura 2.3: Diagrama de flujo de una aplicación cliente-servidor

2.4. *Python y Django*

Sintetizando la evolución que han seguido las aplicaciones *web* a lo largo de su historia [Andersson:2006], se puede afirmar que paulatinamente y desde su origen, en que las páginas *web* servidas contaban con un contenido íntegramente estático, se pasaría después a la inclusión de contenido dinámico en base a las acciones realizadas por el usuario, cobrando entonces fuerza

el desarrollo de sitios basados en el lenguaje interpretado de programación *PHP*, o incluso los *scripts* de *shell* para los llamados *CGI-bin*. Llegando al momento actual, en que la conocida como *web 2.0* desempeña un papel fundamental, donde la tendencia es que las aplicaciones *web* cada vez se parezcan más a las aplicaciones de escritorio y donde no basta sólo con el contenido dinámico, sino que también se busca la máxima interacción posible con el usuario, por ejemplo por medio de la tecnología *AJAX*. Y es en esta *web 2.0* donde además de la plataforma *Java Enterprise Edition*, fundamentalmente dos *frameworks* para el desarrollo, despliegue y mantenimiento, se han impuesto como los de referencia: *Rails*, empleando el lenguaje de programación interpretado *Ruby*, y *Django*, empleando también otro lenguaje interpretado, concretamente, *Python*.

2.4.1. *Python*

Creado en Holanda por Guido van Rossum a finales de los años 80 y distribuido bajo una licencia de código libre (*Python Software Foundation License*) compatible con la licencia *GPL*, *Python* [Lutz:2006] es un lenguaje de programación interpretado, ofreciendo por esto mismo las ventajas de los lenguajes propios de *scripting*, como puede ser un rápido desarrollo (si bien es cierta su recomendación en aplicaciones relativamente pequeñas, dada la mayor dificultad y complejidad que se puede dar en la depuración de las mismas), además de buscar una mayor facilidad tanto de lectura del propio código, como en el diseño.

Todo esto unido a las múltiples librerías o *APIs* (*Application Programming Interface*) con que cuenta el lenguaje, su tratamiento de excepciones, su uso de clases y módulos, su gestión automática de memoria (la reserva de memoria cuando es necesaria, y su liberación cuando deja de emplearse, son operaciones transparentes al programador) o su uso de estructuras de datos sencillas y flexibles como diccionarios, listas o *strings* como parte integral del lenguaje, hacen que *Python* se suela considerar como un lenguaje interpretado moderno, especialmente al compararlo con otros anteriores como puedan ser *TCL*, *Perl* o *PHP*.

Python también es un lenguaje orientado a objetos (aunque realmente se podría considerar un lenguaje de programación multiparadigma, pues permite a los desarrolladores adoptar desde un estilo de programación funcional o uno estructurado, hasta la propia programación orientada a objetos), en el que todo son objetos, incluidas las propias clases. Además, es dinámica y fuertemente tipado, así como sensible a letras mayúsculas y minúsculas (*case sensitive*), y en el que la declaración de variables se realiza implícitamente, es decir, sin necesidad de declararlas de manera explícita con la consecuente comodidad para el programador, y los peligros que esto puede conllevar.

2.4.2. *Django*

Dentro del desarrollo *web*, se tienen varias opciones a la hora de trabajar en este tipo de aplicaciones y/o servicios. Si se persigue la máxima libertad en el desarrollo, la mejor opción será trabajar con el lenguaje de *scripting PHP* o incluso con *Python* y sus librerías para el manejo del protocolo *HTTP* [RFC2616]. Sin embargo, esta opción puede hacer que el tiempo de desarrollo aumente considerablemente al tener que partir prácticamente desde cero. El caso opuesto sería el presentado por otras plataformas con funcionalidades y herramientas de serie, que facilitan sobremanera el trabajo así como se produce un gran ahorro en el tiempo de desarrollo, como puede ser el caso de *Zope*, o algunas otras plataformas de propósito específico como *Moodle*. Pero la desventaja de estas soluciones será la escasa libertad y flexibilidad con que contará el programador. Así, buscando un término medio o una relación de compromiso entre esa rapidez de desarrollo y la flexibilidad y libertad, se encuentran los entornos de desarrollo *web* como *Ruby on Rails*, *JavaEE* (*Java Enterprise Edition*) o el propio *Django* [Holovaty:2006, Holovaty:2007], que escrito en *Python* y siendo multiplataforma, originalmente fue pensado para “*The World Company*” (diario publicado en Lawrence, Kansas) y orientado a la gestión de sitios de noticias, quedando liberado públicamente en julio de 2005 bajo una licencia *BSD*.

De esta manera, se puede definir *Django* como un *framework* o *Entorno Integrado de Desarrollo* de aplicaciones *web* entre cuyas principales funcionalidades se encuentran:

- Herramientas para la gestión de la aplicación.
- *Framework* de capa de presentación.
- Manipulación de bases de datos mediante el mapeo de objetos de la aplicación a entradas relacionales.
- Seguridad (*XSS*, *SQL Injection*, etc.).
- Un sistema de serialización para generar y procesar instancias del modelo de la aplicación *Django* representadas en formatos como *JSON* o *XML*, *caché*, internacionalización, plantillas, etc.

Además, se debe tener en cuenta que el objetivo de *Django* es ofrecer un desarrollo muy rápido y sencillo, configurando un entorno integrado y completo (incluyendo un servidor *web* ligero, válido durante la fase de desarrollo pero siendo recomendado *Apache* durante la fase de producción junto a *mod_python*, que se trata de un módulo de *Apache* que incrusta el intérprete de *Python* en el servidor *web* (se debe recordar también que el desarrollo en

Django se realizará siempre en lenguaje *Python* y contando con la versión 2.3 o superior de dicho lenguaje); lo mismo ocurre con la base de datos *SQLite3* que también incluye y muy cómoda para dicho desarrollo, siendo recomendada *PostgreSQL* [[PostgreSQLWebSite](#)] en la fase de producción, soportando también *MySQL*), buscando la máxima reutilización de código, evitando la replicación siempre que sea posible (*DRY, Don't Repeat Yourself*). El hecho de emplear un lenguaje interpretado como es *Python*, también permite la realización de cambios en caliente sin necesidad de rearrancar el servidor *web*, ahorrando con ello mucho tiempo, al igual que se aumenta la rapidez mediante las útiles y completas descripciones de los errores que se producen.

También se debe notar que habitualmente el desarrollo de toda la aplicación comienza por el propio diseño del modelo, es decir, se comienzan modelando los datos que se van a manejar en la aplicación, para acabar empleando el patrón de diseño *MVC (Modelo-Vista-Controlador)* [[Selfa:2006](#)].

Por último y entrando más en detalle, los elementos que configuran el núcleo de este *framework* son en primer lugar un mapeador de objetos del modelo (clases de *Python*) y la base de datos relacional [[Miguel-Castaño:1999](#)] en la que realmente se almacenan dichos datos con los que opera la aplicación. Y al mismo tiempo, las partes con las que el programador realmente trabajará, que serán un manejador de *URLs* en base a expresiones regulares, un sistema de vistas para el procesamiento de las peticiones de usuario y un sistema de plantillas que serán empleadas para generar dinámicamente el código *HTML* (o cualquier otro formato de información soportado) a ofrecer como respuesta al usuario. De hecho, esto hace a algunos autores afirmar que *Django* no emplea el patrón *Modelo-Vista-Controlador* sino un patrón *Modelo-Plantilla-Vista*, donde el *Modelo* de datos sigue siendo el *Modelo* en *Django*, pero serán las *Plantillas* de *Django* las que desarrollen la función de la *Vista*, así como el *Controlador* pasará a llamarse *Vista* en *Django*.

2.5. *Android*

Android [[AndroidDeveloper](#)] es una plataforma *software* que incluye un sistema operativo destinado a dispositivos móviles y cuyo *kernel* está basado en los sistemas *Linux*. Inicialmente fue desarrollado por *Google* tras adquirir en julio de 2005 una pequeña empresa de California llamada *Android, Inc.* dedicada al desarrollo de *software* para teléfonos móviles. Desde este momento, comenzaron a surgir rumores sobre la pretensión de *Google* de querer entrar en el mercado de la telefonía móvil, y más concretamente con el lanzamiento de un teléfono móvil (*GPhone, Google Phone*). Sin embargo, el 5 de noviembre de 2007, Andy Rubin (Director de *Google* en Plataformas Móviles) diría que: “[*The*] *Android [Platform]* - is more significant and am-

bitious than a single phone". En esa misma fecha, se fundó la *Open Handset Alliance (OHA)*, un consorcio de importantes compañías internacionales entre las que se encuentran fabricantes de dispositivos *hardware*, empresas de *software* y operadores de telecomunicaciones, como la propia *Google*, *HTC*, *Intel*, *Motorola*, *Qualcomm*, *T-Mobile*, *Sprint Nextel* y *NVIDIA*. Saliendo al mismo tiempo su primer producto, *Android*, y teniendo como objetivo el desarrollo de estándares abiertos para dispositivos móviles, a este consorcio se sumarían en diciembre de 2008 empresas como *Sony Ericsson*, *Vodafone*, *ARM Holdings Plc*, *Toshiba Corp* o *Garmin Ltd*, hasta configurar el total de 48 empresas integrantes de la *OHA* en la actualidad.

2.5.1. Principales Características

Desarrollado en la actualidad por la *Open Handset Alliance*, *Android* se distribuye bajo una licencia *Apache 2.0* y *GPLv2*, según lo cual se trata de un *software* libre. Empresas y particulares pueden publicar aplicaciones tanto libres como privativas que hayan desarrollado para *Android*, sin necesidad de que sean aprobadas explícitamente por *Google*, y pudiendo ser descargadas e instaladas gratuitamente o con un determinado coste, contando también con un sistema de votación similar al del portal *Youtube*, tal y como se puede observar en la figura 2.4, donde se muestra una captura de esta aplicación "*Android Market*" accesible en todos los teléfonos móviles *Android*.

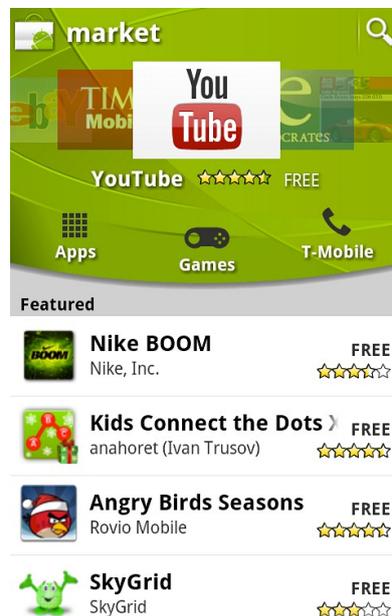


Figura 2.4: Captura de *Android Market* para la publicación y descarga de aplicaciones

Algunas otras de las características más relevantes de *Android* [Meier:2008, Burnette:2008] se listan a continuación:

- Algunos aspectos relacionados con la propia arquitectura de la plataforma y que se estudiarán en detalle más adelante, como son la reutilización y reemplazo de componentes gracias al *framework* de aplicaciones, o la máquina virtual *Dalvik*.
- Incluye de manera integrada un navegador *web* (basado en el motor *WebKit*).
- Optimización de gráficos, incluyendo tanto una librería de gráficos *2D* como una en *3D*.
- Base de datos *SQLite* para el almacenamiento de datos estructurados.
- Telefonía móvil, *Bluetooth*, *EDGE*, *3G* y *Wi-Fi*, todo ello dependiente del *hardware*.
- Cámara, *GPS* (*Global Positioning System*), brújula y acelerómetro (también dependiente del *hardware*).
- Soporte para pantalla táctil.
- Soporte para formatos de vídeo, audio e imágenes (*MPEG4*, *H.264*, *MP3*, *AAC*, *AMR*, *JPG*, *PNG*, *GIF*, etc.)
- Facilita el desarrollo para la plataforma gracias al *plug-in* disponible para el *IDE Eclipse* [EclipseWebSite], así como las herramientas de depuración que incluye, código de sencillas aplicaciones a modo de ejemplo, tutoriales, o un emulador de dispositivo para la fase de desarrollo.

2.5.2. Arquitectura

Como se indicó al inicio de esta sección, *Android* es una plataforma *software* para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, un *middleware* y una serie de aplicaciones clave. La *SDK* (*Software Development Kit*) de *Android* incluye las herramientas y *APIs* necesarias para el desarrollo de aplicaciones sobre la plataforma *Android*, empleando para ello el lenguaje de programación *Java* [Naughton:1996]. Analizando las distintas capas de la arquitectura de *Android*, mostrada de manera intuitiva en la figura 2.6, se pueden apreciar tres niveles bien diferenciados:

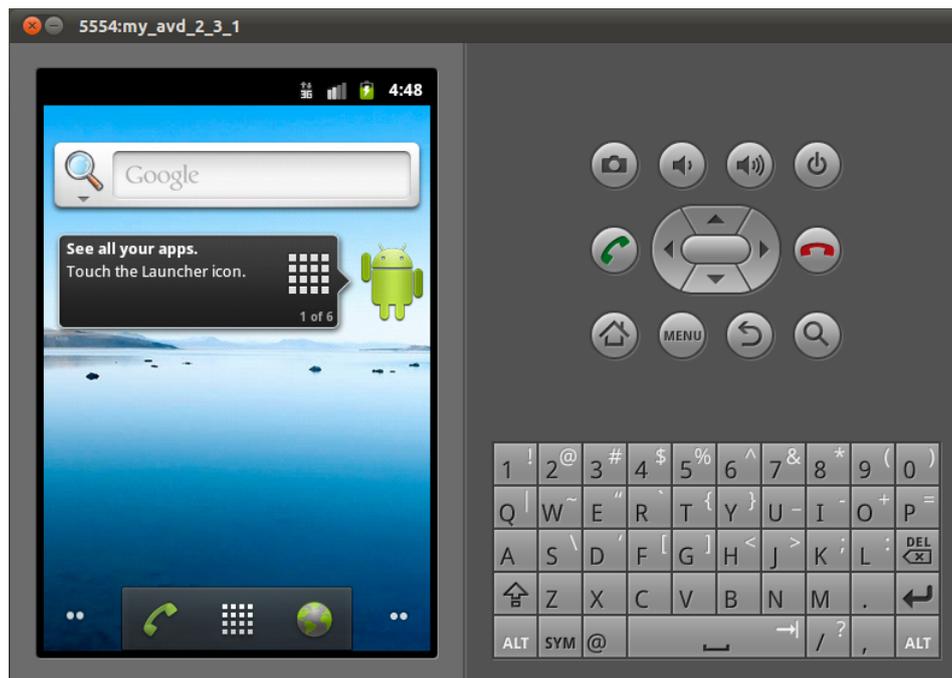


Figura 2.5: Emulador de dispositivo para *Android*



Figura 2.6: Arquitectura en capas de la plataforma *Android*

- **Núcleo.** Como todo núcleo de un sistema operativo, actúa como interfaz para abstraer el *hardware* de cara al resto de pila de *software* instalada en el dispositivo o equipo. En el caso de *Android*, el núcleo depende de un *Linux 2.6*, realizando las funciones propias de seguridad, gestión de memoria, procesos, red, *drivers*, batería, gestión de periféricos (pantalla, teclado), etc.
- **Middleware.** Se trata de una máquina virtual similar a las propias máquinas virtuales de *Java* (*JVM*, *Java Virtual Machine*) ofrecidas por *Sun Microsystems*, y que recibe el nombre de *Dalvik*. Incluye las librerías o *APIs* fundacionales de *Java* y por tanto, las funcionalidades básicas del lenguaje (realmente, se conserva la sintaxis del lenguaje *Java* [Naughton:1996], pero no se cumple con sus estándares, ni en su versión *J2SE* (*Java 2 Standard Edition*) ni en su versión *J2ME* (*Java 2 MicroEdition*) para dispositivos limitados en recursos). En *Android*, cada aplicación se ejecutará como un proceso con su propia instancia de la máquina *Dalvik*, estando dicha máquina virtual especialmente diseñada para un funcionamiento eficiente durante la ejecución de varias máquinas virtuales *Dalvik*. Igualmente, se incluye un conjunto de librerías del lenguaje *C/C++* usadas por determinados componentes de *Android*, como son la librería estándar de *C*, librerías de gráficos en *3D*, base de datos *SQLite*, etc., configurando así una serie de capacidades que serán ofrecidas al desarrollador a través del *framework* de aplicaciones.

Profundizando en la *DalvikVM*, se trata de un intérprete que ejecuta ficheros en formato *Dalvik Executable* (*.dex*), que es un formato optimizado para realizar el almacenamiento y mapeo de memoria de manera eficiente. Es también una máquina virtual basada en registros y que puede ejecutar clases compiladas por un compilador de *Java* que las haya transformado en formato nativo usando para ello la herramienta “*dx*” incluida en la *SDK* de *Android*. Así, la diferencia fundamental con una *JavaVM* empleada para las aplicaciones de escritorio habituales en un *PC*, es que se trata de una máquina virtual basada en *stack*, frente a *DalvikVM* basada en registro como se ha señalado, debido precisamente a que los procesadores de los dispositivos móviles están optimizados para una ejecución basada en registro. De hecho, las máquinas virtuales basadas en registro permiten una ejecución más rápida.

- **Aplicaciones.** Se incluye un *framework* de aplicaciones al que el desarrollador tendrá acceso por medio de un *API*, estando la arquitectura diseñada de tal manera que se consiga simplificar la reutilización de componentes, como puede ser el administrador de ventanas, el administrador de telefonía o el administrador de paquetes para que el usuario

pueda reemplazarlos fácilmente, al mismo tiempo que cualquier aplicación puede publicar sus capacidades para que cualquier otra pueda hacer uso de ellas.

Precisamente de este *framework* de aplicaciones hacen uso las aplicaciones clave o base que se suelen incluir con *Android*, como son un cliente de *e-mail*, programas de mensajería *SMS*, navegador *web*, mapas, telefonía, contactos, etc., estando todas estas aplicaciones escritas en *Java*, tanto las de serie como las desarrolladas por cualquier otro desarrollador para *Android*.

2.5.3. *Android SDK*

El hecho de que la programación en la plataforma *Android* se realice por medio del lenguaje *Java*, implica muchas ventajas, como es el hecho de que en la actualidad, existe una amplia comunidad de desarrolladores en dicho lenguaje, por lo que tan sólo será necesario que dichos desarrolladores comprendan una serie de nuevos conceptos propios de *Android*. Pero además, la programación para esta plataforma se hace mucho más sencilla teniendo en cuenta la existencia de la llamada “*Android SDK*”, es decir, el entorno de programación de aplicaciones para *Android*. Esta *SDK* consta de una serie de librerías para el desarrollo, tutoriales y un emulador de un dispositivo móvil con *Android*. Por supuesto, también se cuenta con un *plug-in* para un *IDE* (*Integrated Development Environment*) como pueda ser *Eclipse* [[EclipseWebSite](#)], con el cual se facilitará la tarea de compilación, ejecución y depuración. Y como ya se ha señalado con anterioridad, se emplea una máquina virtual llamada *Dalvik*, similar a las de *Sun Microsystems* para el lenguaje *Java* pero optimizada para una mejor gestión de memoria, de procesos, etc.

2.5.4. *Componentes de una Aplicación Android*

En *Android* existen cinco posibles bloques de construcción para una aplicación [[Meier:2008](#)]:

- ***Activity***.

Se trata del componente más común de una aplicación *Android*. Normalmente, será cada una de las pantallas que se muestren en la aplicación desarrollada. Cada actividad se implementa como una clase que hereda (*extends*) de la clase madre *Activity* y que ya está incluida en las *APIs* de *Android*. Esta clase, mostrará al usuario de la aplicación una interfaz (*GUI*) compuesta de *Views* y responderá a los eventos que dentro de ella se produzcan (pulsar un botón, pulsar un cuadro de texto para escribir en él, hacer *scroll*, etc.), por lo que se deberá

lanzar una nueva *Activity* cada vez que se quiera cambiar de interfaz, consiguiéndose un código modular. Estas actividades a su vez, cuentan con un ciclo de vida desde que son creadas hasta que se destruyen, tal y como se muestra en la figura 2.7, ejecutándose en cada transición entre estados un determinado método, siendo los más destacables dada su importancia los que se describen a continuación:

- *onCreate()*: ejecutado cuando la actividad ha sido lanzada (y por tanto creada) por primera vez.
- *onPause()*: estado en el que la actividad se encuentra cuando se lanza otra nueva actividad (acción que se realizará, normalmente, desde la actividad que queda ahora parada), permaneciendo en segundo plano hasta que se regrese a su ejecución.
- *onResume()*: tras un estado de pausa, se ejecuta este método de manera que vuelva a encontrarse en primer plano de ejecución.
- *onDestroy()*: este método se ejecutará cuando se haya indicado explícitamente la finalización de la actividad. En caso de que esta finalización no sea señalada de manera explícita, lo habitual será que la *Activity* permanezca en segundo plano (tras ser pausada, pasará a estado de parada), a no ser que el propio sistema operativo necesite finalizarla para reasignar los recursos (fundamentalmente memoria) que ésta tuviera asignados.

Como última mención al respecto, destacar que el diseño de las interfaces gráficas de usuario, pudiéndose realizar programáticamente, en *Android* también se permite la cómoda posibilidad de definir las por medio de ficheros *XML*, donde se definen los componentes de la interfaz (botones, textos, cuadros de texto, imágenes, iconos, etc.), así como las propiedades de cada uno (tamaños, márgenes, colores, etc.).

■ **Service.**

Un servicio será aquél código que se ejecuta en segundo plano y sin necesidad de contar con una interfaz de usuario. Un claro ejemplo de *Service* podría ser un programa que periódicamente comprueba la posición del terminal móvil por medio del *GPS* del mismo, para lanzar una notificación cuando el móvil haya llegado a un determinado lugar, se encuentra cerca de un determinado amigo, etc.

■ **Intent.**

Este componente es utilizado fundamentalmente para pasar en la aplicación *Android* de una pantalla a otra (de una *Activity* a otra *Activity*).

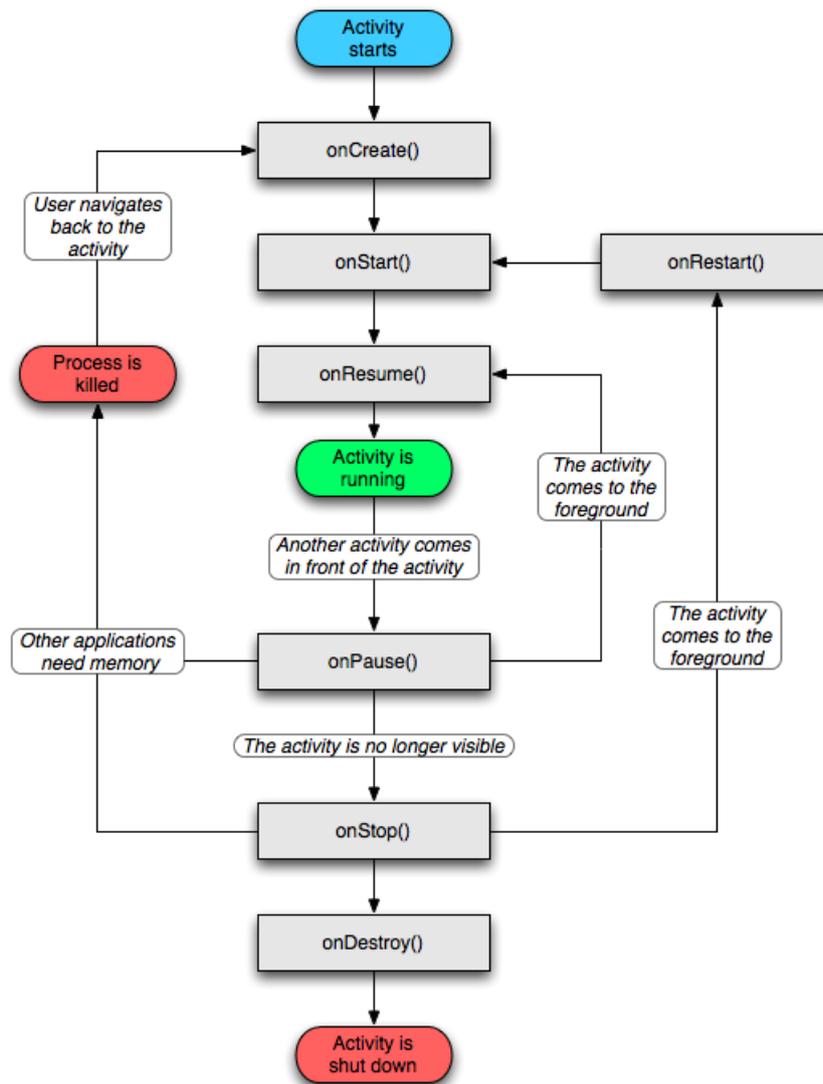


Figura 2.7: Ciclo de vida de una *Activity* de *Android*

- ***Broadcast Receiver.***

Se trata de un componente que no realiza ninguna operación excepto cuando recibe un mensaje o anuncio en *broadcast*, activándose en ese momento para ejecutar el código que el desarrollador haya considerado oportuno ante el evento que se haya producido y de interés para ese *Broadcast Receiver*.

- ***Content Provider.***

Fundamentalmente, las aplicaciones *Android* pueden almacenar sus datos de manera permanente por medio de ficheros o en una base de datos *SQLite*. Pero cuando realmente resulta interesante el uso de un

Content Provider, es cuando se quiere o se necesita que los datos de la aplicación sean compartidos con otras aplicaciones. Así, un *Content Provider* es una clase que implementa un conjunto estándar de métodos para permitir a otras aplicaciones que almacenen y recuperen los datos que están siendo manejados por dicho *Content Provider*.

Por último, anotar que no toda aplicación debe contar con todas las posibilidades de trabajo, pero sí será normal emplear algún tipo de combinación de ellas, siendo siempre listadas en el fichero *AndroidManifest.xml* (fichero de vital importancia en todo proyecto *Android*, en el que se declararán los componentes que integran la aplicación además de los permisos con los que ésta cuenta: uso de *Internet*, cámara, vibración, etc.).

2.5.5. Terminales *Android* en el Mercado

En la actualidad cada vez son más los nuevos terminales móviles (así como los fabricantes que se suman a incluir *Android* en sus productos) con *Android* que aparecen en el mercado. Pero, destacando los hitos fundamentales dentro del corto historial de *Android*, en octubre de 2008 se lanzó el primero de estos teléfonos, concretamente en Estados Unidos y en Inglaterra. Se trata del *HTC Dream* [[HTCDream](#)], también conocido como *T-Mobile G1* y que cuenta con las siguientes características:

- Procesador *Qualcomm MSM7201A* a 528MHz.
- Memoria *RAM* de 192MB y memoria *ROM* de 256MB.
- Pantalla táctil de 3,17 pulgadas.
- Cámara de 3,2Mpx con *auto focus*.
- *GPS*, brújula digital y sensor de movimiento.
- Teclado *QWERTY*.
- Peso de 158 gramos.
- Lanzado en España por *Movistar* durante el segundo trimestre de 2009.

El lanzamiento del *HTC Magic* [[HTCMagic](#)] (*T-Mobile G2*) también supuso un gran éxito, una versión evolucionada del *HTC Dream* sin teclado *QWERTY*, lanzado en España por *Vodafone*. Este terminal es muy similar en cuanto a *hardware* a su antecesor, sufriendo algunos cambios de diseño. Incluye 288MB de *RAM*, 512MB de *ROM* y *trackball* con botón *Enter* similar al de *Blackberry*. Incluía la liberación de *Android* denominada *Cupcake* en que se añadieron ciertas funcionalidades como el soporte para *Bluetooth stereo*, grabación y reproducción de vídeo o un nuevo navegador *web* con nuevas funcionalidades, además de un motor de *JavaScript*.



Figura 2.8: Teléfonos móviles *HTC Dream (G1)* y *HTC Magic (G2)*

La aparición en el mercado de estos dos terminales de telefonía móvil, a parte de estar respaldada por un gran éxito entre los consumidores, vino a avalar el gran potencial aún por explorar que supone la plataforma *Android* en el desarrollo de nuevos servicios para terminales móviles, explotando el *hardware* de esos móviles de última generación, normalmente denominados como *smartphones*. Una de las mayores apuestas es precisamente la inclusión y uso de un sensor de campo magnético y que se puede utilizar para calcular la orientación del terminal a modo de brújula, lo que supone un gran éxito ya a día de hoy debido a las aplicaciones desarrollados aprovechando esto, destacando especialmente aquellas que tienen que ver con el concepto de realidad aumentada [Román-López:2009].

Pero sin duda alguna, la nueva vuelta de tuerca en el ámbito de estos terminales móviles la supuso el lanzamiento del *Nexus One Phone*, un *smartphone* respaldado por *Google* e incluyendo la plataforma *Android*. Posee un procesador *Qualcomm* a 1GHz, memoria *flash* de 512MB y una *microSD* de 4GB ampliable a 32GB, con memoria *DRAM* de 512MB. La pantalla táctil es de 3.7 pulgadas, cámara de 5.0Mpx con *auto focus*, peso de 130 gramos con batería incorporada, y conectividades inalámbricas *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *GPRS/EDGE* y *UMTS* tribanda (900MHz, 1700MHz y 2100MHz), además de puerto *USB* y *GPS*.

En cuanto a la rivalidad ya presente en el mercado entre *Android*, apostando por el código libre y por el desarrollo de contenidos y servicios en el ámbito *web*, frente al *iPhone* de *Apple*, apuesta directa por el diseño y el *hardware*, así como por un modelo de negocio basado en el pago por el desarrollo y publicación de aplicaciones, resulta de especial relevancia el informe realizado a comienzos de 2009 por la consultora *Informa Telecoms & Media*, según la cual en 2012 las ventas de teléfonos móviles basados en la plataforma *Android* superarán las ventas del *iPhone*, datos avalados también por *Gartner* o *AdMob* entre otros.



Figura 2.9: Terminales móviles *Nexus One Phone* y *iPhone*

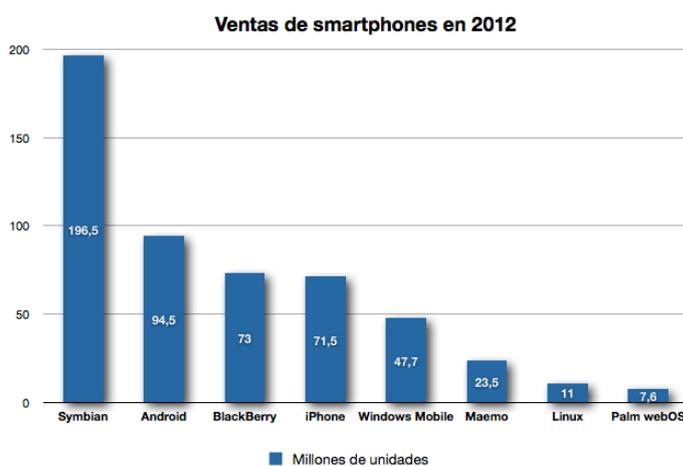


Figura 2.10: Estimación de ventas de *smartphones* para el año 2012 según *Gartner*

Este estudio, que en su momento fue tildado de ser un tanto optimista para el caso de *Android*, parece que ya ha día de hoy se trata de una realidad, como bien demuestran los datos ofrecidos por *Nielsen* en marzo de 2011 (véase la figura 2.11) según los cuales la cuota de mercado de *Android* en Estados Unidos era de un 37%, frente al 27% de *Apple iOS*, seguidos del 22% de *RIM BlackBerry OS* con un 22%, y mucho más lejos *Microsoft Windows Mobile / WP7* (10%), *Palm / WebOS* (3%) y *Symbian OS* (2%).

De hecho, esta situación parece lógica teniendo en cuenta el gran número de grandes fabricantes a nivel internacional que ya han lanzado al mercado sus primeros terminales con *Android*, o bien, ya han anunciado sus intenciones futuras de hacerlo, siendo el caso de algunas de las más destacadas: *Motorola*, *Sony Ericsson*, *Samsung*, *HTC* o *Acer*, además de *Lenovo* preparando un teléfono basado en *Android* y que soporte el estándar chino *3G TD-SCDMA*, junto al propio fabricante chino *Huawei* con la importante magnitud que supone dicho mercado. Por tanto, y pese al gran éxito de ventas que está

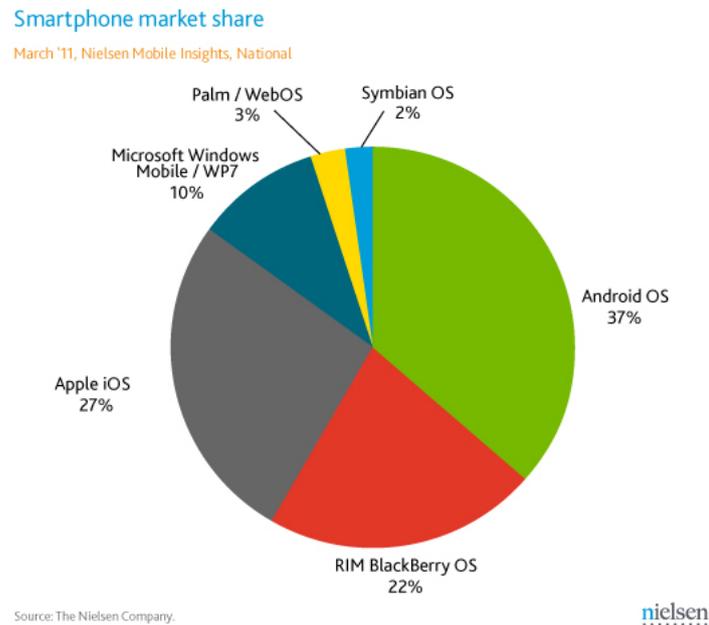


Figura 2.11: Cuota de mercado por sistema operativo para dispositivos móviles en Estados Unidos en marzo de 2011 según *Nielsen*

cosechando el *iPhone*, la capacidad de fabricación y venta de estos dispositivos por parte de *Apple* es más que cuestionable si se tiene en cuenta que ya a día de hoy está empezando a rivalizar con la capacidad de estas otras muchas empresas preparando terminales *Android*, y por supuesto, sin dejar de lado la importancia en el mercado actual de *BlackBerry* y el gigante *Nokia* con su cambio de rumbo y apostando por *Windows Phone* en su estrategia de mercado.

2.6. *LibreGeoSocial*

*LibreGeoSocial*⁴ es un proyecto desarrollado dentro del grupo *LibreSoft* del Departamento *GSyC* (*Grupo de Sistemas y Comunicaciones*, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos) consistente en una red social móvil y contando con un interfaz de realidad aumentada. En esta red social, todos los nodos se encuentran geolocalizados y podrán ser mostrados al usuario a través de una interfaz tradicional en forma de listas, o bien a través de la interfaz de usuario de realidad aumentada [Román-López:2009], que no sólo permitirá al usuario la visualización de *tags* a través de la cámara del teléfono móvil, sino también la creación

⁴Sitio web del proyecto: <http://www.libregeosocial.org>

de *tags* para determinados objetos del mundo real, etiquetarlos de manera virtual de modo que cualquier otro usuario que pase por sus inmediaciones pueda leerlo, etc.

En cuanto a la estructura interna del sistema que hace posible *LibreGeoSocial*, existen fundamentalmente dos componentes:

- ***LibreGeoSocial***. Se trata de un *framework* desarrollado en *Python* y *Django* que facilita la creación de redes sociales móviles, incorporando la geolocalización de todos sus nodos.
- ***LibreGeoSocialApp***. Se trata de una aplicación *Android* que explota la funcionalidad de la red social geolocalizada *LibreGeoSocial*. Utiliza dispositivos físicos como el *GPS* para obtener la posición de un determinado nodo en todo momento.

Dentro de este proyecto, también cabe destacar el interesante visor de realidad aumentada *ARViewer*, que a modo de *SDK* y de aplicación *Android* similar a las típicas aplicaciones para la lectura de códigos de barras y/o códigos *QR*, permite la entrada de datos geolocalizados y que serán posicionados por el propio *ARViewer* en su visor de realidad aumentada. De este modo, cualquier aplicación *Android* que desee hacer uso de realidad aumentada en su aplicación, ahorrará un gran tiempo y esfuerzo de desarrollo utilizando un *framework* estable y nacido a partir del proyecto *LibreGeoSocial*.

Por último, señalar que al ser *LibreGeoSocial* un proyecto de *software libre*, la disponibilidad del código fuente y de los módulos del proyecto permitirá personalizar *LibreGeoSocial* dependiendo del escenario al que se quiera aplicar: turismo, juegos de realidad aumentada, información diversa sobre el campus de una universidad (edificios, compañeros de clase, tiendas cercanas), etc.

Capítulo 3

Promoción y Creación de Comunidad

El proceso de lanzamiento de un proyecto de *software* libre con el objetivo de crear una comunidad a su alrededor [Behlendorf:1999, Blondeel] (ya sea en el sentido de contar con una base de usuarios, de co-desarrolladores y/o de colaboradores ocasionales) es complejo y consistente en múltiples acciones de diversa índole relacionadas entre sí, algunas bien conocidas y estudiadas, y otras que dependerán de la imaginación, originalidad y objetivos del equipo de trabajo. En este capítulo se presentan las diferentes acciones ejecutadas de cara a la creación de una comunidad en torno a este proyecto de *software* libre orientado fundamentalmente a entornos de *m-learning*. Entre estas acciones se encuentran desde la publicación del código fuente del proyecto en un repositorio previa selección de una licencia, hasta su presentación en seminarios o la participación en eventos de diversa índole para su promoción.

3.1. Licencia y Publicación del Código Fuente

Un aspecto importante dentro de la filosofía del proyecto y del grupo dentro del cual se ha desarrollado este trabajo (GSyC/LibreSoft, Universidad Rey Juan Carlos) es la apuesta por el *software* libre. Por ello, tras realizar algunas reestructuraciones en el código fuente encaminadas a que el sistema (especialmente el servidor) fuera mucho más modular y fácilmente escalable, el código fuente del proyecto fue subido a un repositorio de *software subversion* y con acceso público¹.

¹La *URL* del repositorio (más concretamente, dentro de la forja del proyecto *Morfeo*) en el que se puede encontrar el código fuente del proyecto es la siguiente: <https://svn.forge.morfeo-project.org/libregeosocial/>

Con ello, hacemos posible no sólo que algún desarrollador ajeno al grupo sienta interés por el proyecto y quiera colaborar con el mismo mediante resolución de *bugs*, aportando nuevas funcionalidades, mejorando el código, etc., sino que también hacemos posible que cualquier persona interesada en contar con su propio servidor instalado en una máquina bajo su control y administración, pueda disponer de ese código, usarlo, y en definitiva, creándose una comunidad alrededor del proyecto y fomentándose cada vez más su uso.

Y por supuesto, contar con un repositorio *software* aportará un mejor control de versiones en el código y un *backup* del proyecto en red como respaldo a una posible avería en el equipo del desarrollador.

Por último, cabe destacar que el código del proyecto ha sido publicado bajo licencias de *software* libre. Concretamente una licencia *GNU General Public License 3 (GPLv3)* en el caso del proyecto *Android*, y una licencia *Affero General Public License* en el caso del servidor (se emplea esta licencia en este caso por ser derivada directa de la licencia *GPL* y diseñada específicamente para asegurar la cooperación con la comunidad en el caso de *software* ejecutado sobre servidores de red, tal y como ocurre aquí). Así, todos los ficheros de código fuente incluyen la cabecera propia de cada licencia así como un enlace a los términos de dicha licencia. También se incluye en esa cabecera una referencia al autor del *software* y el *copyright*, reservado para el grupo GSyC/LibreSoft de la Universidad Rey Juan Carlos.

Pero el trabajo de liberación del código fuente no termina aquí, sino que existen diversas prácticas más que deseables y que por supuesto, se han intentado cumplir además de dejar el *software* accesible para su descarga (tanto el código fuente, como también el binario *.apk* en el caso de la aplicación *Android*, no siendo necesario en el caso del servidor dado que se trata de un proyecto en *Python* y por tanto, interpretado).

3.2. Buenas Prácticas en la Liberación

El *software* fue anunciado a través de diferentes vías. Además de las más tradicionales, como puede ser a través de diferentes listas de correo o en la página *web* del grupo GSyC/LibreSoft, también incluyendo el sistema como aplicación *Open Source* dentro de un listado configurado en *Wikipedia* y con orígenes en la comunidad del proyecto *Replicant*², con quienes también se contactó para que tuviesen en cuenta el proyecto, y por último, a través de la red de excelencia *eMadrid*, que posiblemente sea el sitio que mayor visibilidad ha otorgado al proyecto, además de por supuesto otros eventos dentro de la

² Versión totalmente libre de la plataforma *Android* y que en sus distribuciones no sólo incluye aplicaciones *Open Source*, sino que también busca poco a poco contar con alternativas de *software* libre a aquellas aplicaciones para *Android* que no lo son.

ETSIT de la Universidad Rey Juan Carlos y de la Comunidad de Madrid, como se irá analizando a lo largo de este capítulo.

Además, se realizó un proceso exhaustivo para la limpieza del código, con tal de mejorar su legibilidad, que estuviera escrito íntegramente en inglés o que fuera fácilmente adaptado a otros idiomas (como de hecho se verá en la sección dedicada a la internacionalización del proyecto).

3.3. Despliegue del Servidor

Durante el Proyecto Fin de Carrera que precede a este Trabajo de Fin de Máster, el servidor de este sistema fue implementado a modo de *plugin* dentro del servidor del proyecto *LibreGeoSocial*. Es decir, el servidor de *gymkhanas* móviles reutilizaba ciertas funcionalidades de *LibreGeoSocial* (fundamentalmente las relativas al modelado y gestión de usuarios y *login/logout*) ya que éste fue introducido como un módulo de funcionalidad adicional sobre el *core* de *LibreGeoSocial*.

Durante la fase de desarrollado y validación experimental del sistema de *m-gymkhanas*, realmente no se hizo uso de los servidores (entendiéndose como máquinas físicas) de pruebas y en producción del proyecto *LibreGeoSocial*, sino que ante cada evento, el servidor de *gymkhanas* era arrancado sobre otra máquina y permaneciendo en ejecución durante el tiempo de duración de la prueba.

Pero una vez validado el sistema, y pensando en el lanzamiento de una primera *release* del proyecto, era necesario contar con un servidor arrancado de manera permanente y estable, con tal de que fuera accesible en todo momento.

Para ello, se realizó la instalación del servidor del proyecto sobre una máquina *Debian*, así como la instalación y configuración de la base de datos *PostgreSQL* necesaria en el proyecto. Y del mismo modo, se instaló y configuró un servidor *web Apache 2* que sería el utilizado por nuestro *framework Django*. La integración de *Apache* y *Django* se realizó por medio de *mod_python*, es decir, un módulo de *Apache* que empotra el intérprete de *Python* en el propio servidor *web*, cosa necesaria para la ejecución de *Django* al estar basado en este lenguaje de programación. Este módulo *mod_python* está pensado a su vez para sustituir el uso de *CGI (Common Gateway Interface)* para la ejecución de los *scripts* de *Python*, garantizando, en principio y entre otras ventajas, una mayor velocidad de ejecución.

De este modo, el sistema recomendado para el uso de *Django* en un entorno en producción, queda aquí finalmente desplegado, empleando un servidor *web Apache 2* a través de *mod_python*, más una base de datos *Post-*

greSQL que ya se venía utilizando con anterioridad debido a su buen soporte para geolocalización. Así, el sistema resultante y actualmente en producción queda recogido de una manera esquemática en la figura 3.1.

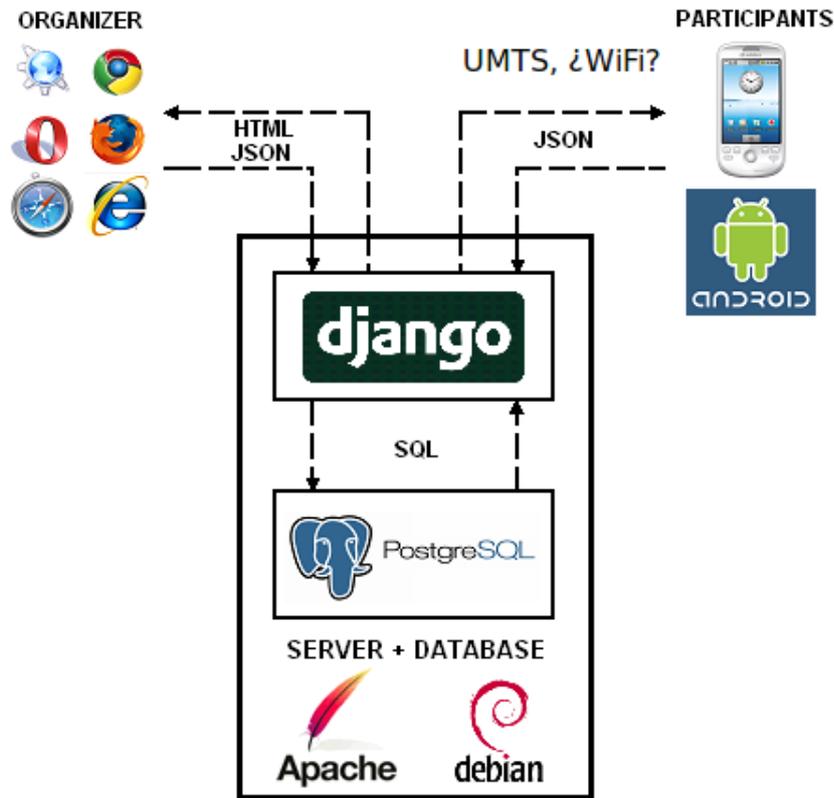


Figura 3.1: Esquema general del sistema desplegado en producción

3.3.1. Creación de *m-Gymkhanas* de Ejemplo

Junto con el despliegue del servidor, se procedió a la creación de un conjunto aproximado de diez *gymkhanas* móviles con una doble función. Por un lado, son *m-gymkhanas* listas para que cualquier usuario que disponga de la aplicación *Android* instalada en su *smartphone*, pueda jugarlas de manera individual en cualquier momento. Por el otro, estas *gymkhanas* quedan creadas a modo de ejemplo para que cualquier persona interesada en organizar y crear su propia *m-gymkhana*, pueda consultarlas y así tener un punto de apoyo en el que encontrar diversas pruebas, posibilidades, etc., que le sirvan de ayuda y de fuente de inspiración para su actividad.

3.4. Primera *Release* de la Aplicación *Android*

Al igual que ocurría en el caso del servidor, la aplicación cliente *Android* también estaba integrada en el cliente *Android* de *LibreGeoSocial* (aplicación conocida dentro del proyecto como *LibreGeoSocialApp*). Esto fue un buen punto de partida, pero a medida que el servicio de *gymkhanas* móviles comenzó a cobrar entidad propia y a alejarse relativamente de los fundamentos y objetivos del proyecto *LibreGeoSocial*, fue necesario realizar una reestructuración.

De este modo, se generó un paquete *Java* a modo de *core* básico de funcionalidad de *LibreGeoSocial* reutilizada por este proyecto. Una vez hecho esto, se pudo extraer todo el código fuente del sistema de *m-gymkhanas* y junto con ese *core*, generar una nueva aplicación *Android*, dotándola de nuevas *Activity* (pantallas dentro de la aplicación), iconos, etc., que ofrecieran esas interfaces de *login*, entrada a la aplicación, etc., que antes venían dadas por *LibreGeoSocialApp*.

Pero antes de lanzar al *Android Market* esta aplicación, y con tal de poder llegar al mayor número de usuarios posibles, se ejecutaron algunas acciones de perfeccionamiento y mejora de la aplicación entre las cuales destacan:

- **Depuración y mejora de las interfaces gráficas.**

Tras la finalización del Proyecto Fin de Carrera de partida en este trabajo, los resultados cosechados en el último de los experimentos denotaron una alta madurez y robustez tecnológica en el proyecto. No obstante, algunos comentarios por parte de los participantes hicieron ver que aún se podrían mejorar algunos aspectos de la aplicación, especialmente aquellos relacionados con la usabilidad. De este modo, se introdujo una batería de mejoras de este carácter, al mismo tiempo que se mejoró la visualización de algunas pantallas de la interfaz gráfica de la aplicación, con tal de, como siempre, mejorar la experiencia de usuario y hacer su uso un poco más intuitivo, ya que en una actividad de *m-learning* como ésta, el objetivo final debe ser el aprendizaje sobre una determinada materia, y no el hecho mismo de aprender a manejar el *smartphone* y el funcionamiento de la aplicación.

- **Internacionalización.**

Aprovechando el sencillo a la vez que potente soporte para internacionalización del que dispone *Android*, se consideró oportuno contar con una aplicación internacionalizada, más aún teniendo en cuenta que la aplicación había sido desarrollada íntegramente en inglés, pero presumiblemente, nuestra mayor masa de usuarios se encontraría dentro de España y posiblemente con este idioma configurado en su *smartphone*.

Se trata de una tarea tediosa, puesto que todas las cadenas de texto mostradas en la aplicación debían ser movidas a un fichero de texto con formato *XML* y referenciadas desde el código fuente *Java* de *Android* como si se tratase de un recurso más, al igual que lo pudiera ser una imagen, icono, audio, etc. Así, una vez retiradas todas las cadenas de texto, deberían ser incluídas con un identificador único en el fichero *res/values/strings.xml* dentro de la estructura de ficheros del proyecto. Una vez hecho esto, esas mismas cadenas de texto, manteniendo su identificador único, serían traducidas en el fichero homólogo destinado a la lengua española (*res/values-es/strings.xml*). Y así, la aplicación soporta *i18n* con tan sólo crear un nuevo directorio *values-XX*, dentro del directorio *res*, y en su interior, alojar un nuevo fichero *strings.xml* que contenga las cadenas de texto traducidas al idioma deseado. El resto, será un proceso automático y transparente del que se encargará *Android*, eligiendo en cada momento qué fichero *strings.xml* debe utilizar, dependiendo del idioma que el usuario haya configurado en su móvil.

No obstante, el servidor no cuenta con este soporte para internacionalización, por lo que cada *m-gymkhana* y cada reto quedará registrado y posteriormente mostrado al usuario final en la aplicación *Android*, en el idioma en que haya sido creado e insertado en la base de datos del sistema. Así pues, si bien el estudio de la posibilidad de dotar de *i18n* también al servidor del sistema (de hecho, *Django* ofrece dicho soporte) es una acción contemplada de cara al futuro, actualmente no se trata de una prioridad dado que la dinámica buscada en este proyecto es la aparición de personas interesadas en organizar su propia *m-gymkhana*, destinada a personas que hablarán su propia lengua, y con lo cual, tan sólo sería necesario la inclusión de un nuevo fichero *strings.xml* en la aplicación *Android* con los textos en dicho idioma, en caso de que no exista ya y lanzar una nueva actualización de la aplicación.

- **Soporte para diferentes resoluciones y tamaños de pantalla.**

Al igual que en el caso de la internacionalización de la aplicación *Android*, otro aspecto que no se tuvo del todo presente durante la fase de desarrollo inicial del proyecto, fue la posibilidad de contar con terminales móviles con diferentes resoluciones de pantalla o incluso, con diferentes tamaños de pantalla. Este punto queda por tanto relacionado con el que sigue a continuación, y en que se expondrá la problemática en mayor profundidad.

El hecho de contar con una variedad cada vez mayor de tamaños y resoluciones de pantalla, unido al hecho de que el autor del proyecto comenzaba a dar sus primeros pasos en la programación en *Android* por aquél entonces, hizo que en algunos casos no se fuera consciente de esta

problemática y mucho menos de los mecanismos con que *Android* cuenta para eliminar estos problemas y tener una aplicación perfectamente portable.

Así pues, se realizó un importante trabajo en la generalización de las interfaces gráficas, eliminando de ellas cualquier posible medida en términos absolutos por su equivalente en términos relativos, además de generar diferentes versiones de un mismo icono por cada versión, con una resolución y tamaño diferentes.

■ **Validación de la aplicación *Android* en *smartphones* de diferentes fabricantes.**

Un aspecto que se achaca a *Android* casi desde su misma aparición y que ya a día de hoy comienza a manifestarse en pequeños problemas o incompatibilidades, reside en la fragmentación. Esta fragmentación, debida principalmente a que *Android* es un proyecto de *software* libre, de tal modo que cualquier fabricante puede descargarlo y adaptarlo a su *hardware* de la mejor manera posible, modificándolo a su antojo (un claro caso sería la famosa *HTC Sense* como modificación de la interfaz gráfica de usuario del sistema, o ejemplos más evidentes quizás los supongan las comunidades de usuarios que insatisfechos al no recibir nuevas actualizaciones de *Android* para sus dispositivos, deciden crear sus propias *ROM*, convirtiéndose algunas de ellas muy famosas, como ocurre con *CyanogenMod* o con *Samdroid*). Pero no todos los problemas pueden venir por esas posibles modificaciones de la plataforma *software*, sino también por aspectos *hardware*, como demuestra el caso comentado anteriormente de los diferentes tamaños, dimensiones y resoluciones de pantalla.

Por lo tanto, y una vez más con tal de ofrecer la mejor experiencia de usuario y de penetrar en la mayor cantidad de personas y terminales posibles, se realizó una etapa de verificación y depuración de la aplicación para múltiples dispositivos móviles de diferentes fabricantes, entre los que se encuentran los siguientes *smartphones*:

- *HTC Dream (G1)*.
- *HTC Magic (G2)*.
- *Nexus One (HTC)*.
- *HTC Wildfire*.
- *Samsung Galaxy Spica i5700*.

- **Validación de la aplicación cliente para diferentes versiones de *Android*.**

Yendo esta acción encaminada a esa misma posibilidad de la fragmentación en *Android*, no sólo por cuestiones *hardware* debidas a los múltiples fabricantes y modelos existentes en el mercado, sino por posibles incompatibilidades entre diferentes versiones de *Android*, también se decidió dedicar tiempo y esfuerzo a comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación para las siguientes versiones, tanto en el emulador del *SDK* de *Android*, como en dispositivos físicos:

- Versión 1.5 de *Android*.
- Versión 1.6 de *Android*.
- Versión 2.1 de *Android*.
- Versión 2.2 de *Android*.
- Versión 1.6 de *CyanogenMod*.
- Versión 2.2 de *CyanogenMod*.

3.5. Página *Web* del Proyecto

Como parte fundamental dentro del proceso de creación de una comunidad alrededor de un proyecto, se encuentra por supuesto el lanzamiento de una página *web*³ para dicho proyecto. En esa página *web*, se recogerá todo tipo de información relativa al proyecto y que siempre deberá encontrarse al día, es decir, muy actualizada, tal y como se ha hecho en este trabajo, estando su *web* integrada por un total de siete secciones en la que se pueden encontrar todo tipo de materiales relacionados: artículos, vídeos de uso y de experiencias, documentación de uso descargable, etc. Se trata de una página *web* sencilla que se podrá consultar tanto en español como en inglés, desarrollada empleando únicamente código *HTML* y una hoja de estilo *CSS*, y explotando todas las posibilidades multimedia del entorno en que nos encontramos, recogiendo imágenes, fotos, vídeos, manuales, etc., y siempre con un estilo sencillo e intuitivo. Se aloja en la misma máquina en la que se encuentra el servidor del sistema de *m-gymkhanas*, realizando una configuración adecuada del servidor *web Apache 2*.

Además, cabe destacar que esta página *web*, así como el resto de acciones realizadas de cara a la consecución de una comunidad, está orientada fundamentalmente a usuarios finales y no tanto a la creación de una comunidad de desarrolladores. Es decir, que en este trabajo se ha pretendido la formación en torno al proyecto de una comunidad de usuarios finales de la

³<http://gymkhana.libresoft.es>

aplicación cliente *Android*, así como de usuarios que pretendan realizar uso de la plataforma para la creación, organización y gestión de *gymkhanas* móviles, no teniendo tanto interés la creación de una comunidad de desarrolladores dado que se trata de un proyecto en un estado muy avanzado de desarrollo.



Figura 3.2: Fragmento de la página *web* de inicio del proyecto *LibreSoft Gymkhana* - <http://gymkhana.libresoft.es>

Así, las siete secciones en las que se organiza la *web* del proyecto son las siguientes:

- **Home o Inicio.**

Se trata de la página de inicio y presentación del proyecto. En ella se presenta de una manera rápida y directa el propósito del proyecto, enlace a la página del proyecto en redes sociales (*Twitter* y *Facebook*), así como enlaces a las últimas noticias, próximos eventos, etc.

- **Noticias.**

Por medio de esta sección se pretende mantener informados a todos los usuarios y personas interesadas en el proyecto. Se recogen las últimas noticias, que abarcan desde la presentación del proyecto en un seminario, hasta la participación en un nuevo evento mediante la realización de una nueva *m-gymkhana*, pasando por noticias como las *releases* realizadas o los premios recibidos. Por supuesto, esta sección será de vital importancia para que la *web* esté siempre actualizada, pero teniéndose en cuenta que las noticias deberán generarse poco a poco con tal de no caer en el *spam* y generando en la base de usuarios un efecto contrario al realmente deseado.

- **Aprende Más.**

Esta sección ejerce una función de divulgación sobre la estructura y composición del sistema de *m-gymkhanas*. En ella se exponen de una manera sencilla y mediante esquemas los tres pasos de los que constaría la realización de una *m-gymkhana*: diseño y creación, juego y finalmente, gestión/control y monitorización. Cada una de estas fases viene acompañada de un manual que el usuario interesado podrá descargar y en el que podrá encontrar paso a paso, y de una manera ilustrada a través de múltiples capturas de pantalla, cómo utilizar el portal *web* de creación y gestión de *gymkhanas*, así como las funcionalidades que ofrece la aplicación cliente *Android*. E igualmente, todo esto queda recogido en videotutoriales, de modo que ambos elementos se puedan complementar a la perfección y facilitando el uso del sistema a los usuarios.

- **Experiencias.**

En esta sección se recoge información sobre las experiencias y eventos en los que se ha participado con el proyecto mediante la realización de *gymkhanas* móviles *Android*. La información que se puede encontrar abarca desde la naturaleza del propio evento del cual ha formado parte esta actividad, hasta fotos realizadas a/por los participantes en las *m-gymkhanas*, vídeos resumen de la actividad o incluso las apariciones y menciones en medios de comunicación, como televisiones locales.

- **Contacto.**

Por supuesto, se da al usuario la posibilidad de contactar con los miembros del proyecto en caso de que desee obtener más información, hacer uso del sistema para la organización de algún evento, o si se diera el caso, también para aquellas personas que estuvieran interesadas en participar a modo de colaboradores en aspectos *software*, informando de posibles *bugs*, aportando nuevas ideas, implementando nuevas funcionalidades, etc. E igualmente, siempre se deja la posibilidad de seguir el proyecto a través de redes sociales como *Twitter* o *Facebook*.

- **Desarrollo.**

Aquí se recoge información sobre el grupo dentro del cual se ha gestado el proyecto (Grupo de Sistemas Telemáticos y Computación / LibreSoft - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación - Universidad Rey Juan Carlos, y con el apoyo de la red de excelencia *eMadrid* de la Comunidad de Madrid), se expone la naturaleza del sistema como un proyecto de *software* libre (*FLOSS*, *Free*, *Libre Open Source Software*), así como el repositorio *software* en el cual se encuentra publicado el código fuente del proyecto y accesible para ser descargado

por cualquier persona interesada.

- **Descargas.**

Finalmente, en esta sección se indican las diferentes posibilidades para descargar materiales relacionados con el proyecto, desde la propia aplicación *Android* desde el *Android Market* (ya sea mediante la lectura de un código *QR* creado a tal efecto y mostrado en la *web*, o mediante búsqueda en el *Market* por alguno de los siguientes términos: *libre-soft*, *gymkana*, *gymkhana*), hasta los manuales de usuario sobre uso del sistema y nuevamente, el código fuente del proyecto.

3.6. Promoción del Proyecto

En esta sección se recogen todas las *gymkhanas* móviles que se han realizado durante el trabajo, así como seminarios y presentaciones en los que se ha presentado el proyecto, además de los artículos generados a partir del mismo.

3.6.1. Eventos

El proyecto ha sido empleado de manera exitosa y totalmente satisfactoria (tanto tecnológicamente como con buena acogida por parte de los participantes en las *gymkhanas* móviles) en múltiples ocasiones, entre las cuales destacan los siguientes eventos:

- **La Noche de los Investigadores – The Researchers’ Night (24/09/2010).**

The Researchers’ Night es una acción enmarcada en el Programa PEOPLE del 7º Programa Marco de la Unión Europea que se celebra en distintas ciudades europeas, la misma noche, desde 2005. En el año 2010, participaron más de 600 sedes distribuidas en 250 ciudades a lo largo de 33 países de la Unión Europea. Su principal objetivo es acercar los investigadores a los ciudadanos para que conozcan su trabajo, las aplicaciones y los beneficios que aportan a la sociedad y su repercusión en la vida cotidiana, y además, eliminando estereotipos alrededor de los investigadores. Todo ello en el marco de actividades festivas y lúdicas, cuyos protagonistas sean tanto los ciudadanos como los investigadores.

En esta ocasión, el presente trabajo fue empleado entre las actividades organizadas por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos, bajo el patrocinio de la



Figura 3.3: Cartel promocional de la Noche de los Investigadores 2010

Comunidad de Madrid y de la red *eMadrid*, y con promoción a través del portal *www.madrimasd.org*, llevándose a cabo una *gymkhana* móvil con carácter científico-divulgativo sobre aspectos relacionados con las ondas y las comunicaciones inalámbricas bajo el lema “¿Se ven las ondas por la noche en Europa? El invisible e inquietante mundo de las comunicaciones inalámbricas”. En este evento se contó con alrededor de treinta participantes repartidos en dos tandas de dos horas cada una durante la tarde-noche y utilizándose un total de diez móviles *Android*, en una *m-gymkhana* en la cual los participantes pudieron resolver retos y aprender curiosidades sobre la historia de las telecomunicaciones. Además, el perfil de los participantes fue bastante heterogéneo, desde estudiantes de secundaria y estudiantes de grados en ingeniería de telecomunicación, hasta familias enteras.

Se puede encontrar un vídeo ilustrativo de la actividad durante aquella tarde-noche en la página *web* del proyecto, concretamente en la sección de -Experiencias-. Además, también se podrán encontrar diferentes menciones en vídeos y audios, tanto a La Noche de los Investigadores en general como a la *gymkhana* móvil en particular, a través de la televisión local y de Radio Nacional de España.

- **X Semana de la Ciencia (11/11/2010).**

La Semana de la Ciencia, que en 2010 llegó a su décima edición, es una iniciativa organizada por la Comunidad de Madrid y promocionada a través del portal *www.madrimasd.org*. Entre sus objetivos cuenta con

la búsqueda de nuevas vocaciones científicas, acercando la ciencia y los científicos a la sociedad y muy especialmente para que los jóvenes estudiantes de enseñanza secundaria contemplen la carrera científica y tecnológica como una posible salida profesional y vital.

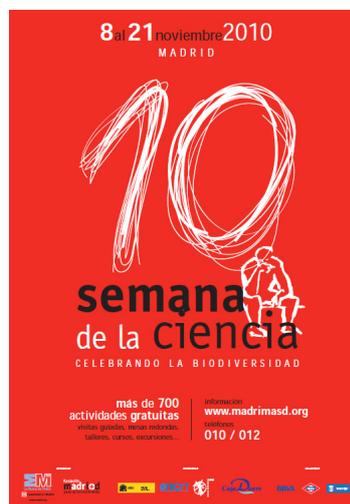


Figura 3.4: Cartel promocional de la X Semana de la Ciencia

Dentro de las actividades dependientes de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos, se contó con una *m-gymkhana* bajo el patrocinio de la red *eMadrid*. Un número aproximado de veinte estudiantes de secundaria, bachillerato y módulos formativos repartidos en un total de seis móviles *Android*, pudieron aprender durante estas dos horas de *gymkhana* móvil, un poco más sobre las tecnologías actuales y las posibilidades de los nuevos *smartphones Android* del mercado, así como para conocer algunas curiosidades sobre ondas y comunicaciones inalámbricas. Además, el experimento también les sirvió para conocer las instalaciones del Campus de Fuenlabrada de la Universidad Rey Juan Carlos.

Se pueden consultar algunas fotografías del evento en la página *web* del proyecto, concretamente en la sección de -Experiencias-.

- ***Release Party de LibreSoft Gymkhana 1.0 (11/02/2011).***

Con motivo del lanzamiento de la aplicación cliente *Android* al *Market* y una vez establecido el servidor del sistema en producción, se realizó una pequeña fiesta dentro de GSyC/LibreSoft, el grupo en el cual se ha realizado todo el proyecto. Allí, un total de quince participantes distribuidos en un total de seis equipos disfrutaron de una pequeña *gymkhana* de una hora de duración aproximada y con una temática relacionada con aspectos tecnológicos del ámbito de las TICs y muy es-

pecialmente sobre *software* libre y proyectos de investigación realizados dentro del grupo.



Figura 3.5: Logotipo del grupo GSYC/LibreSoft en el que se ha desarrollado el proyecto y en el que se celebró la *release party*

Un factor importante dentro de este evento fue el perfil de los participantes, todos ellos ingenieros y tecnólogos entorno a los treinta años de edad, y teniendo como resultado una excelente acogida, así como una inmersión y concentración en la actividad realmente sorprendentes, además de fomentarse la tan de moda entre las empresas, construcción de espíritu de equipo con tal de superar todos los retos.

Se pueden consultar algunas fotografías del evento en la página *web* del proyecto, concretamente en la sección de -Experiencias-.

- **Primera Semana de Obras Libres⁴ (19/05/2011).**

Tras tres ediciones previas del Taller de Obras Libres, finalmente, en este año 2011 nació en su primera edición la Semana de Obras Libres, proyecto coordinado por Medialab-Prado, CAMON, Escuela de Organización Industrial (EOI) y la Universidad Rey Juan Carlos. Durante esta semana dedicada a las obras libres, se realizaron un total de 35 actividades (debates, muestras, conciertos, talleres, etc.) organizadas por 13 instituciones diferentes y cosechando un gran éxito de participación. Su principal objetivo era hacer visible el movimiento y la filosofía de la cultura libre, estando dirigida tanto a las personas vinculadas a este área como a aquellas otras que se quisieran acercar a ella.



Figura 3.6: Cartel promocional de la Primera Semana de Obras Libres

De este modo, se pudo contar con una nueva *m-gymkhana* en el Instituto de Educación Secundaria Ventura Rodríguez de Boadilla del

⁴<http://obraslibres.net/>

Monte. Esta *gymkhana* móvil con una temática divulgativa acerca del movimiento de la cultura libre y del mundo del *software* libre como claro predecesor tuvo una duración aproximada de dos horas. En ella, unos 25 estudiantes de Ciclo Formativo de Grado Medio en Sistemas Microinformáticos y Redes y cinco estudiantes más de PCPI (Programas de Cualificación Profesional Inicial) participaron con un total de seis *smartphones Android*. La actividad fue todo un éxito entre estos estudiantes, en la cual pudieron estrechar sus lazos, compitiendo con el resto de equipos de una manera sana y colaborando codo con codo con el resto de compañeros de equipo.

Se pueden consultar algunas fotografías del evento en la página *web* del proyecto, concretamente en la sección de -Experiencias-.

- **FesTICval 2011 (19/05/2011).**

El FesTICval es una actividad organizada desde los últimos veranos por la Universidad Rey Juan Carlos para promover la tecnología entre los jóvenes. En esta edición, entre las actividades preparadas por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación se contó con una *m-gymkhana* con teléfonos *Android*, gracias a la cual los 15 estudiantes de centros de educación secundaria que visitaron el campus de Fuenlabrada y distribuidos en un total de cinco equipos, conocieron de manera amena e innovadora las instalaciones de dicho campus, además de aprender nuevas cosas sobre comunicaciones inalámbricas y TIC, así como tener su primer contacto con un terminal de telefonía *Android* y conociendo su *hardware* y las posibilidades que ofrecen estos potentes dispositivos.



Figura 3.7: Logotipo del FesTICval 2011 en la Universidad Rey Juan Carlos

En la página *web* del proyecto se puede consultar un vídeo emitido por una televisión local y que recoge un resumen de las motivaciones y objetivos del FesTICval 2011.

- **Jornada de acogida para los nuevos alumnos de la ETSIT - URJC 2011 (02/09/2011).**

Las Jornadas de Acogida son una iniciativa de la Universidad Rey Juan Carlos a modo de acto por el cual se da la bienvenida a los alumnos

de nuevo ingreso, y concluyendo con una visita guiada por el campus recorriendo sus principales instalaciones: biblioteca, laboratorios, aularios, departamentales, cafeterías y zonas deportivas, etc.

Dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, el día 2 de septiembre de 2011 se recibió en esta jornada a un número aproximado de 90 alumnos de nuevo ingreso. Tras el acto de bienvenida, y previo consentimiento y aceptación del Director de la Escuela, se hizo posible que por primera vez, los alumnos pudiesen conocer el campus no sólo a través de la tradicional ruta guiada con un profesor, sino también por medio de la tecnología, como ocurre en el caso de una *m-gymkhana*, ideal para este tipo de eventos y finalidades.

Este evento se encuadra además dentro de un experimento de investigación en el ámbito del *technology enhanced learning*, del cual se dará mayor detalle en la sección 4.5 de esta memoria.

3.6.2. Presentaciones, Seminarios y Talleres

Como parte del trabajo para dar a conocer el proyecto como plataforma para *m-learning*, así como de la calidad del *software* libre como alternativa también en el ámbito de las herramientas educativas, se participó en diversos seminarios y talleres presentando el proyecto, lo que permitió mejorar su visibilidad, demostrar que se trata de una herramienta de uso sencillo y una actividad que se puede poner en marcha con poco esfuerzo.

- **Presentación en el seminario de la red *eMadrid* bajo el tema “Juegos, Aprendizaje y Movilidad” (15/10/2010).**

Gregorio Robles Martínez, tutor del presente Trabajo de Fin de Máster, llevó a cabo la presentación del trabajo desarrollado con el título “Una experiencia de *m-learning: gymkhanas con smartphones*” en uno de los seminarios organizados por la red *eMadrid* de la Comunidad de Madrid. En este seminario, se dio a conocer la motivación del proyecto, arquitectura del sistema implementado, etc. Contando con alrededor de 30 asistentes al seminario, el proyecto tuvo una buena acogida así como algunos comentarios y propuestas interesantes por parte de dichos asistentes que supusieron buenas ideas para continuar trabajando en el proyecto y llevando la herramienta de una manera más formal hacia el campo del aprendizaje electrónico y móvil.

La presentación en este seminario fue grabada en vídeo por la red *eMadrid* y actualmente se encuentra accesible (además de las transparencias de la presentación) tanto en la página *web* del proyecto (sección de -Noticias-) como en la página *web* de *eMadrid*.

- **Taller en las II Jornadas *eMadrid* sobre *e-Learning* bajo el título “Oportunidades del *Mobile Learning* para la Universidad y la empresa” (01/06/2011).**

Jorge Fernández González, autor del presente Trabajo de Fin de Máster, llevó a cabo una demostración a modo de taller bajo el título “*m-Gymkhana: Cómo crear gymkhanas para móviles Android*” dentro de las II Jornadas *eMadrid* sobre *e-Learning* de la red *eMadrid*. En este taller, se mostró cómo se pueden crear *gymkhanas* móviles fácilmente desde el portal para la gestión de estas actividades o eventos (configuración de la *gymkhana*, tipos de retos, creación de retos, etc.), a través de sencillos e intuitivos formularios *HTML* de uso tan habitual en la sociedad actual. Finalmente, aquellos asistentes que así lo quisieron, pudieron comprobar el funcionamiento de la aplicación cliente en un *smartphone Android* accediendo a las *gymkhanas* móviles existentes en la base de datos del sistema.

Contando con alrededor de 20 asistentes al taller, se cosechó un interés bastante alto entre los mismos. Este interés se pudo comprobar en las muchas preguntas que se realizaron a la finalización del taller, buscando profundizar en el proyecto. También a través de algunos *tweets* respecto al taller bajo el *hashtag* *#emadridnet*. E igualmente, realizando cierto *networking* con docentes e investigadores de otras universidades de la Comunidad de Madrid, interesados tanto en la descarga del código fuente e instalación de su propio servidor de *gymkhanas* móviles, como en la posibilidad de llevar a cabo posibles experimentos de manera conjunta en colegios con niños de educación primaria y contar así con nuevas experiencias con la herramienta.

La presentación en este taller fue grabada en vídeo por la red *eMadrid* y actualmente se encuentra accesible (además de unas transparencias indicando paso a paso el trabajo desarrollado durante el taller) tanto en la página *web* del proyecto (sección de -Noticias-) como en la página *web* de *eMadrid*.

- **Presentación en las II Jornadas *eMadrid* sobre *e-Learning* bajo el título “Oportunidades del *Mobile Learning* para la Universidad y la empresa” (02/06/2011).**

Jorge Fernández González, autor del presente Trabajo de Fin de Máster, y como ganador de los premios *MadridOnRails* y *ATOS-Origin – eMadrid 2011*, fue invitado como conferenciante el segundo día de las II Jornadas *eMadrid* sobre *e-Learning*. En esta ocasión, contándose con alrededor de quince asistentes, se realizó una presentación general del

proyecto, pensando siempre en complementar de la mejor manera posible el taller ya impartido el día anterior. Por ello, se hizo un especial hincapié en los experimentos realizados hasta el momento, los resultados cuantitativos y cualitativos cosechados a través de respuestas de los participantes a encuestas, etc.

La presentación en este seminario fue grabada en vídeo por la red *eMadrid* y actualmente se encuentra accesible (además de las transparencias de la presentación) tanto en la página *web* del proyecto (sección de -Noticias-) como en la página *web* de *eMadrid*.

3.6.3. Artículos

El proyecto aquí presentado también tuvo cabida en conferencias internacionales. Más concretamente, se elaboró un artículo que fue aceptado para el *IEEE EDUCON 2011*⁵ (*Annual Global Engineering Education Conference Sponsored by the IEEE Education Society*), evento anual que proporciona un foro para aspectos académicos y de investigación, así como para la colaboración industrial en el área de la ingeniería y educación, y que en esta edición, siendo celebrado en Amán (Jordania) durante el mes de abril de 2011, tuvo como título “*Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education*”.



Figura 3.8: Logotipo promocional del *IEEE EDUCON 2011*

El título del artículo publicado es el siguiente:

“Implementing Gymkhanas with Android Smartphones: a Multimedia M-Learning Game”, Gregorio Robles-Martínez, Jesús M. González Barahona, Jorge Fernández-González.

Además de la publicación del artículo en las actas del congreso, y tras la presentación del mismo llevada a cabo por Gregorio Robles Martínez, tutor de este trabajo, también queda accesible en *IEEE Xplore Digital Library*. Esto hace posible una mayor visibilidad para el proyecto, además del propio *networking* que se pudo realizar durante el congreso.

⁵<http://www.educon-conference.org/>

Por último, destacar que actualmente se está preparando un experimento como colofón al trabajo aquí desarrollado y del cual se espera publicar otro artículo. En este artículo se expondrá y analizará una comparativa entre diferentes metodologías de aprendizaje de cara a enseñar a nuevos alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos, las instalaciones y servicios de la universidad, la estructura de la escuela y de los planes de estudio, etc. Sobre esto se ahondará en la sección 4.5 de esta memoria.

3.7. Resultados

3.7.1. Descargas de la Aplicación *Android*

Desde el mes de febrero de 2011 en que la aplicación cliente *Android* de nuestro sistema fue lanzada al *Android Market*, el número de descargas de la misma es de un total de 240 (dato a fecha de 27 de agosto de 2011). Es evidente que hubiera sido deseable un éxito mucho mayor de la aplicación, motivo por el cual se deberán estudiar los motivos por los cuales no se ha conseguido una mayor penetración entre los usuarios finales. Pero no menos cierta es la dificultad y complejidad de conseguir esto, dado lo novedoso del sistema, o aspectos como que el equipo del proyecto, además de ser muy pequeño, está integrado únicamente por ingenieros sin conocimientos en *marketing* y no dedicados a la producción de contenidos que hubiese podido hacer la aplicación mucho más atractiva. No obstante, no menos cierto es que conservando un punto de realismo, nunca se tuvo como objetivo final la consecución de un *hit* dentro del *Android Market* como lo pueda ser el famoso juego *Angry Birds* o aplicaciones de geolocalización más cercanas al proyecto como por ejemplo *Foursquare*.

Como se puede observar en los resultados mostrados en la figura 3.9 a fecha de 27 de agosto de 2011, tenemos la evolución que ha seguido el número de descargas activas (de entre las descargas de la aplicación aquellas que permanecen instaladas en un *smartphone* en el momento de tomar el dato). Así, podemos encontrar información interesante como por ejemplo, que si bien la aplicación fue publicada en el *Android Market* el día 4 de febrero de 2011, hasta el día 6 de febrero tan sólo se tuvieron cuatro descargas. A partir del día 7 de febrero, momento en el cual se comenzó a publicitar de manera oficial esta publicación a través de la *web* del proyecto, redes sociales, y muy especialmente en listas de correo y página *web* del grupo GSyC/LibreSoft, se puede

observar que el número de descargas se incrementó considerablemente en los días sucesivos.



Figura 3.9: Evolución en el tiempo del número de descargas de la aplicación *Android* desde el *Market* y actualmente instaladas en el terminal

Pero teniendo en cuenta que se trata de una aplicación de descarga gratuita, resulta relativamente sorprendente que contase con cuatro descargas en ese período de 2-3 días hasta el comienzo de la publicidad y promoción, por parte de cualquier persona que pudiera estar en ese momento buscando en el *Market* nuevas aplicaciones que probar en su móvil. Esto hace pensar que posiblemente, la sección dentro de la cual se incluyó la aplicación (sección de Educación, y téngase en cuenta que uno de los pocos patrones de búsqueda que permite el *Android Market* es precisamente por categoría o temática), ofrezca poca visibilidad a la misma, con lo que se deberá estudiar de cara al futuro si quizás, deba cambiarse su categoría a la de Juegos/*Games*, sin duda, la sección más exitosa actualmente.

Otro aspecto a destacar es el pico de descargas que se produce en torno a los días 16 y 17 de febrero. Ese pico se corresponde precisamente con la fecha en la que la red *eMadrid* publicó en su portal *web* la nota con la información pertinente al lanzamiento de la aplicación, lo que ofrece una clara idea del buen escaparate que ofrece esta *web* para el proyecto aquí presentado. Es más, nuevamente en los primeros días de junio, coincidiendo con la celebración de las II Jornadas *eMadrid* sobre *e-Learning*, en las cuales este proyecto contó con un *slot* de hora y media para un taller y otro *slot* de veinte minutos para una presentación, el número de descargas también creció razonablemente respecto a la tónica general constante que se aprecia en el resto de la gráfica.

Sólo se añadirá un comentario más al fenómeno observado en la gráfica por el cual se tiene que las descargas activas crecen y decrecen continua-

mente de un día para otro. Esto se debe al claro efecto provocado por el hecho de tratarse de una aplicación de descarga gratuita, de tal modo que cualquier persona se puede instalar fácilmente y sin coste adicional este tipo de aplicaciones, probarlas, usarlas, y borrarlas tranquilamente en el mismo momento o unos días después.

Pero el *Android Market* nos ofrece muchísima más información de bastante interés, que resultará de mayor importancia a medida que el proyecto se expanda y crezca. Entre esta información se encuentra por ejemplo la versión de la plataforma *Android* en la cual ha sido instalada la aplicación, así como los diferentes dispositivos del mercado que cuentan con ella instalada. Así, si bien actualmente la versión 2.2 de *Android* es la que cuenta con más instalaciones de la aplicación (concretamente, el 43.4%), y el *Samsung Galaxy S* en el caso de la clasificación por dispositivos (con un 15.1% de las instalaciones totales), cabe indicar que este panorama ha ido cambiando y evolucionando continuamente desde el lanzamiento de la aplicación, tal y como lo seguirá haciendo a lo largo del tiempo futuro a medida que aparezcan nuevas versiones y modelos de *smartphones Android*. No obstante, esta información es muy útil dado que nos permite conocer en todo momento para qué teléfono y versión debemos perfeccionar nuestra aplicación por ser aquellos soportes en los que más se está utilizando. O también hacia qué nuevos modelos de móviles debemos comenzar a prestar atención dada su rápida irrupción en el mercado, por indicar solamente algunos ejemplos sencillos.

Por otro lado, se hace más que evidente que el trabajo de prueba y depuración de la aplicación para diferentes modelos y versiones de *Android* ha sido muy positivo, puesto que permitió acercar ese entorno de desarrollo al panorama ante el cual se iba a encontrar la aplicación una vez que fuese liberada, y con ello, solucionar errores que pudieran aparecer una vez lanzada al mercado y causando por tanto una mala imagen entre los usuarios.

Información similar nos ofrece también el país en el que se producen las instalaciones de la aplicación, así como el idioma configurado por defecto en los *smartphones* que la utilizan. Se puede observar en la figura 3.11 que la inmensa mayoría de la base de usuarios se ha encontrado dentro de nuestras fronteras (69.8%), y siendo los dos idiomas más empleados precisamente aquellos para los cuales fue internacionalizada la aplicación (español de España, con un 66.0%, que subiría aún más si incluímos también el español de Estados Unidos y demás países latinoamericanos, y el inglés (alcanzando un 11.8% si se considera tanto el inglés de Estados Unidos como el de Reino Unido).

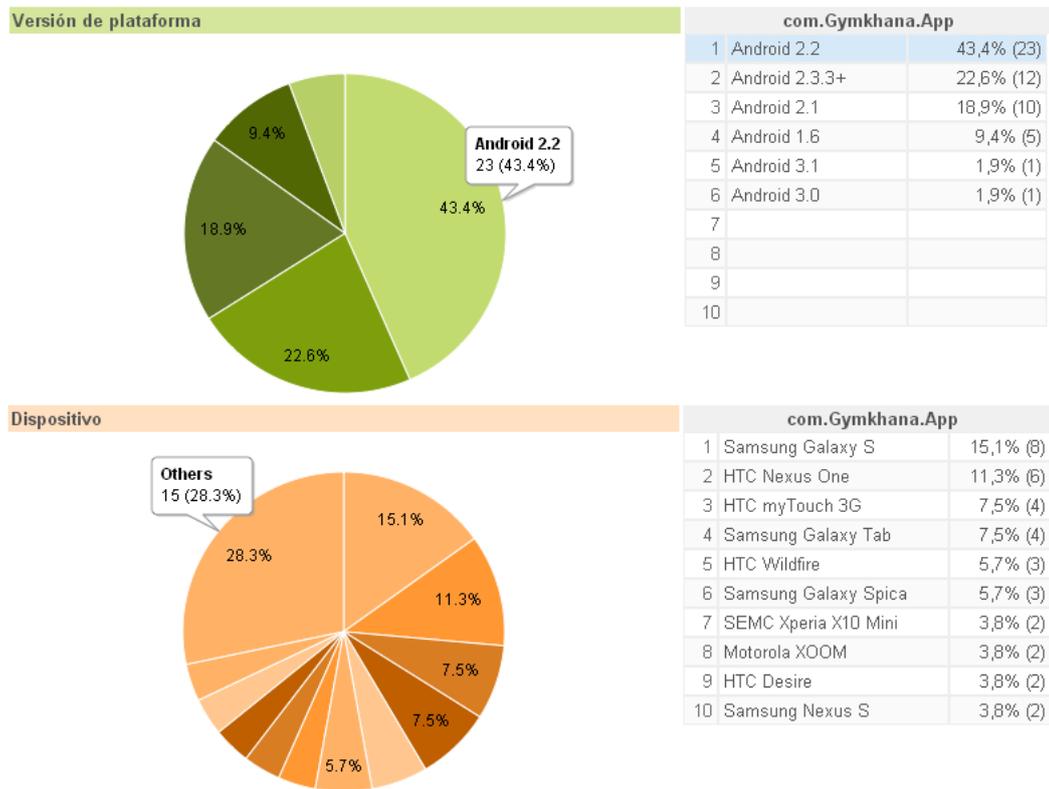


Figura 3.10: Distribución de las instalaciones de la aplicación *Android* según versión y dispositivo

3.7.2. Número de Usuarios Registrados en el Sistema

En cuanto al número total de usuarios registrados y accesible en el servidor del sistema, se encuentra obviamente en consonancia con el número de descargas de la aplicación en el *Market*. Concretamente, el número de usuarios en el sistema es de unos 150-200 a fecha de 27 de agosto de 2011, donde se encuentran no sólo los usuarios registrados tras descargar la aplicación, sino también aquellos usuarios que participaron en los diversos eventos organizados y a los cuales se les solicitó registro.

Un fenómeno que también nos ofrece buen *feedback* de cara a mejorar en el futuro, es el hecho de que una parte muy importante de los usuarios registrados en el sistema, finalmente no realizan ninguna de las *m-gymkhanas* accesibles actualmente. Esto se puede deber a múltiples razones, desde el hecho mismo de ejecutar la aplicación y encontrar entonces que se trata de algo que el usuario no esperaba ni buscaba pasando por alto la descripción de la aplicación, hasta usuarios que una vez registrados en el sistema, no cuentan con ninguna *m-gymkhana*

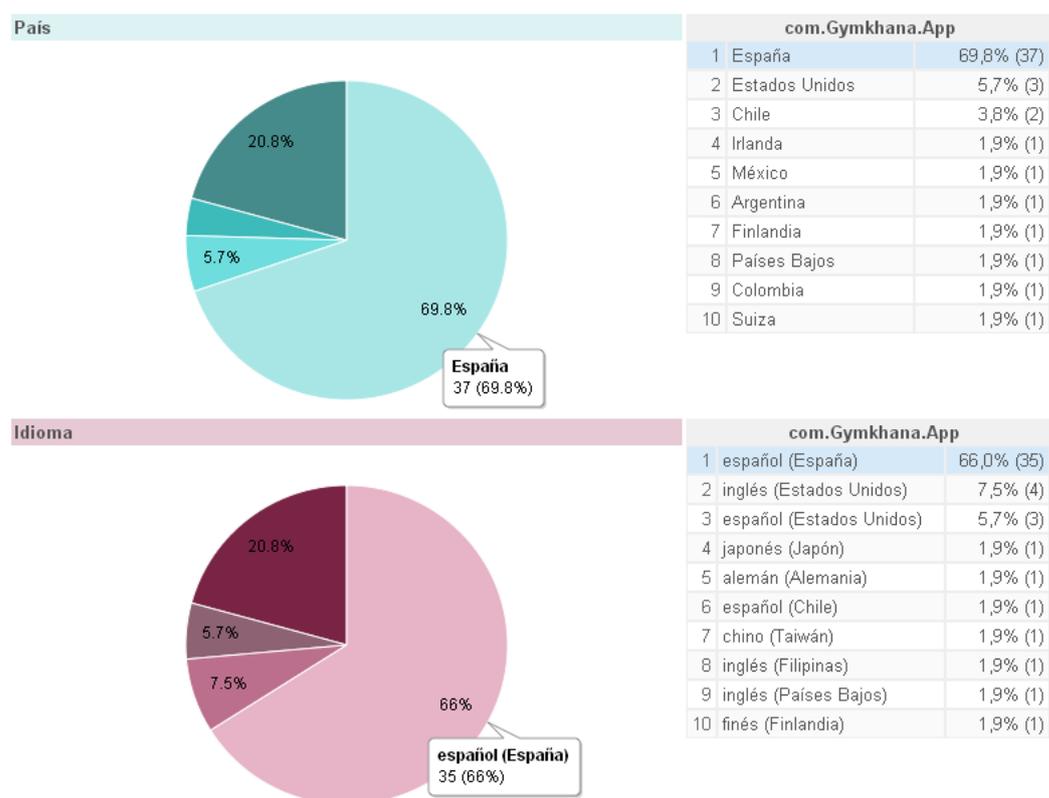


Figura 3.11: Distribución de las instalaciones de la aplicación *Android* según el idioma configurado por defecto en el smartphone y el país de procedencia

cerca de su vivienda en la que puedan jugar.

Esto hace retomar una idea ya presente con anterioridad basada en el hecho de que se permita en la propia aplicación *Android* y a los propios usuarios, crear de una manera rápida y sencilla pequeños retos aislados en una determinada geoposición, de tal modo que reciba unos puntos por ello, al mismo tiempo que el sistema se sirve de ello para contar con mayor número de contenidos y por tanto, que el sistema resulte cada vez más interesante para nuevos usuarios del mismo.

No obstante, este factor no debe ser excesivamente preocupante dado que el verdadero objetivo del proyecto siempre ha estado fijado en alcanzar un público dedicado al *technology enhanced learning*, y no tanto en el hecho de generar contenidos que doten a la sociedad de un nuevo entretenimiento obtenido a través de una determinada aplicación móvil.

3.7.3. Errores y *Bugs*

Pese al duro proceso de depuración y pruebas realizado tanto en la etapa previa del Proyecto Fin de Carrera de partida, como en la etapa inmediatamente anterior a la liberación de la aplicación, al igual que en cualquier otro proyecto de *software*, resulta prácticamente impensable que el *software* resultante vaya a ser perfecto y libre de errores.

Así, también gracias al *Android Market*, se tiene acceso (siempre y cuando el usuario en su *smartphone* informe de ello) al número de errores y bloqueos que se han producido en la aplicación, así como las propias trazas de los errores, que le servirán al desarrollador para solventar dichos *bugs*. De este modo, el cliente *Android* ha sufrido un total de dos errores (uno de ellos reportado en dos ocasiones) y ningún cuelgue o bloqueo. Estos errores se produjeron ya en los primeros días tras el lanzamiento de la aplicación al *Market*, de tal modo que en cuanto fueron detectados, se solventaron y se lanzó una nueva actualización solucionando esos *bugs*. Cabe destacar que esos errores no han vuelto a ser notificados desde el momento en que fueron tratados y solventados.



Figura 3.12: Informe de *bugs* reportados de la aplicación en el *Android Market*

En el caso del servidor del sistema, también se encontraron algunos pequeños errores, nunca de vital importancia, sino en muchos casos de erratas en textos, visualización de elementos, etc. Dada la pequeña envergadura del proyecto en el que sólo se cuenta con un desarrollador, estos errores no llegaron a ser registrados, puesto que fueron solucionados de inmediato, actualizando el código fuente del servidor en producción sin mayores complicaciones dado que éste es un elemento totalmente transparente para el usuario y en ningún caso, se encontraron problemas con la propia *API* ofrecida para la comunicación con los móviles.

3.7.4. Principales Usuarios Interesados en la Herramienta

A lo largo de la realización de este Trabajo de Fin de Máster, varias personas han entrado en contacto con sus autores. Sus perfiles e intereses son de lo más variado. A continuación se recopilan los casos más relevantes:

- Un estudiante de Ingeniería de Telecomunicación y joven empresario residente en Bilbao, contactó con los autores del proyecto con tal de poder concertar una reunión y colaborar en el proyecto. Su principal interés se encontraba en desarrollar una versión nativa de la aplicación móvil destinada a terminales *iPhone*, para lo cual, también se mostró especialmente interesado en la posibilidad de instalar y contar con su propio servidor de pruebas con tan sólo descargar su código fuente y disponiendo de algunas guías de instalación para su ayuda.
- Una Ingeniera Técnica en Informática, empleada actualmente en el Centro Universitario de Mérida⁶, grupo GEXCALL⁷ (Grupo Extremeño de Enseñanza de Idiomas Asistido por Ordenador), contactó con el equipo del proyecto tras conocerlo a través de diferentes búsquedas por Internet. Esta ingeniera, fue contratada para comenzar un proyecto llamado *GinkanaCUM*, que precisamente está orientado al desarrollo de un sistema que permita la realización de *gymkhanas* móviles a través de *tablets Android* gracias a las cuales, los alumnos podrán acceder a diversas preguntas sobre diferentes asignaturas de sus estudios. Dada la analogía del proyecto, esta ingeniera contactó con tal de poder recavar información en mayor profundidad sobre el proyecto *m-Gymkhana* y que le pudiera ayudar a buscar soluciones de cara a su proyecto. También descargó todo el código fuente del proyecto, procediendo a su instalación y configuración, lo que le ha permitido la realización de múltiples pruebas. Durante esta etapa, desde el equipo del presente proyecto se ha ofrecido cierto soporte, invitándose también a la propia reutilización de código fuente y funcionalidades ya desarrolladas, proponiéndose posibles alianzas futuras para colaboraciones en proyectos de similar índole, etc.

⁶<http://www.unex.es>

⁷<http://gexcall.unex.es/>

- El actual responsable del Departamento de *e-learning* y contenidos *web* del Instituto de Tecnologías Educativas⁸ (ITE, la unidad del Ministerio de Educación responsable de la integración de las TICs en las etapas educativas no universitarias) del Ministerio de Educación de España, ha mostrado su interés en el proyecto, hasta el punto de que actualmente se encuentra probando y haciendo uso de la interfaz de creación de *m-gymkhanas*. Además, se ha recibido una invitación formal por su parte para presentar el proyecto en el III Congreso Escuela 2.0⁹ organizado por el ITE a finales de año en Granada.
- Una empresa dedicada a la organización de reuniones, congresos, actividades destinadas a empleados de empresas, y en definitiva, a la organización de todo tipo de eventos haciendo un especial énfasis en contar con ideas creativas, ha contactado con el equipo del proyecto. Durante este contacto, ha mostrado su interés en el sistema y en su posible utilización en un congreso de creativos que se celebrará en abril de 2012 en Barcelona o la Costa Brava, en el que acogerán a unas 50 personas interesadas además en realizar diversas actividades con tecnología punta y encajando este proyecto dentro de sus planes.
- Varios estudiantes de diferentes universidades (Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Carlos III de Madrid, Universitat Oberta de Catalunya) y de titulaciones pertenecientes a estudios relacionados con las telecomunicaciones y la informática han empleado este sistema como un punto de apoyo muy importante durante el desarrollo de sus Proyectos Fin de Carrera/Trabajos Fin de Máster, ya fuera como un sitio ideal en el que consultar código fuente para el posterior desarrollo en su aplicación móvil *Android*, o teniendo el sistema como referencia para el desarrollo de un juego educativo *Android* también dentro del ámbito del *m-learning*.
- Varios docentes de las diferentes universidades de la Comunidad de Madrid y miembros de la red *eMadrid* mostraron un gran interés en el proyecto durante la celebración de las II Jornadas *eMadrid* sobre *e-Learning*. Se trató de un evento muy rico para hacer *networking*, siendo los intereses muy variados, desde el simple hecho de poder descargar e instalar el código fuente para contar con su propio sistema de *m-gymkhanas*, hasta primeros contactos de cara a trabajos conjuntos encaminados a contar con experiencias de aprendizaje mediante *gymkhanas* tecnológicas en colegios de edu-

⁸www.ite.educacion.es/

⁹<http://www.ite.educacion.es/es/escuela-20/iii-congreso-escuela-20>

cación primaria.

- Una empleada de una gran multinacional del sector de las TICs contactó con el equipo del proyecto a nivel personal y con el interés de probar el sistema para su posterior uso en la organización y gestión de una *gymkhana* móvil en Madrid destinada a padres e hijos en la propia festividad del *Día del Padre*.
- Dos profesoras del Instituto de Educación Secundaria Ventura Rodríguez de Boadilla del Monte, tras contactar con el grupo GSyC/LibreSoft para la realización de alguna actividad dentro de la Primera Semana de Obras Libres, mostraron un interés muy profundo en la realización de una *m-gymkhana* temática para sus alumnos. Este interés se vio aún más acrecentado (hasta el punto de que posiblemente y de cara al futuro deseen organizar por su propia cuenta esta actividad), cuando pudieron contemplar con sus propios ojos tanto el éxito que tuvo la actividad entre sus alumnos, como la sencillez de uso y manejo del servidor *web* por parte del docente para el control de la actividad durante su transcurso.

3.7.5. Penetración del sistema de *m-Gymkhanas*

Tras el trabajo de promoción y creación de comunidad en torno al presente proyecto de *software* libre, se puede decir que la red de excelencia *eMadrid* ha supuesto un gran trampolín para dar a conocer el sistema en entornos relacionados con el *technology enhanced learning*, gozando con un índice de popularidad entre docentes de la Comunidad de Madrid que de otro modo, se hubiese tardado mucho más tiempo en conseguir. Más concretamente, el taller y la presentación con que se contaron dentro de las II Jornadas *eMadrid* sobre *e-Learning* supusieron un escaparate inmejorable, donde se dieron cita de manera presencial docentes de todas las universidades madrileñas (además de emitirse en directo vía *streaming* todas las presentaciones, mesas redondas, charlas, etc., y contando en la *web* de *eMadrid* con todos los vídeos de las actividades) dedicados a este área de investigación, pero también representantes de múltiples empresas con intereses en este campo no sólo de una manera altruista y filosófica por el bien de la sociedad, sino también con una clara visión comercial (*Google UK*, *Microsoft*, *éLogos*, *Escuela de Organización Industrial*, *MadridOnRails*, *ATOS-Origin*, *Jaitek*, etc.), o diversas personalidades internacionales dentro del sector, como por ejemplo Fabrizio Cardinali, Director Ejecutivo de *eXact Learning Solutions*, Italia, o el propio Viceconsejero de Organización Educativa de la Comunidad de Madrid).

Del mismo modo también ha resultado de especial interés la participación en diversas iniciativas europeas y de la Comunidad de Madrid como son la Noche de los Investigadores y la Semana de la Ciencia. Todas estas actividades permitieron que el sistema de *m-gymkhanas* fuese publicitado junto con el resto de actividades disponibles para la ciudadanía a través del portal de *Madrimasd*¹⁰ (*mi+d*) de la Comunidad de Madrid, así como de sus redes sociales, impresión en catálogos de eventos, actividades y horarios, etc. Y de la misma forma, también se consiguió una mayor visibilidad para el proyecto participando en la Primera Semana de Obras Libres, apareciendo listada entre las actividades organizadas para dicha semana con una temática dentro de la cual, no se podía faltar. Gracias a la participación en todos estos eventos, alrededor de 180 personas a modo de participantes en *m-gymkhanas* han podido conocer y disfrutar de este sistema.

Además, dado que la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos se mantiene bastante activa de cara a la organización de eventos y actividades destinados a la divulgación científico-tecnológica y al acercamiento de la investigación a la sociedad y muy especialmente entre los jóvenes estudiantes de institutos, en el último año ha contado siempre con este proyecto entre una de sus actividades estrella para los diferentes eventos albergados (Noche de los Investigadores, Semana de la Ciencia, FesTICval, Festividad de la ETSIT). De hecho, el interés de la ETSIT en este proyecto es tan alto que incluso ha permitido la financiación para la adquisición de algunos terminales *Android* más para su uso en próximos eventos.

En definitiva, el proyecto *m-Gymkhana* ha conseguido gran popularidad dentro de los ámbitos en los que se ha movido durante este año, convirtiéndose en un proyecto muy importante tanto dentro de la red *eMadrid*, que cuenta con el mismo para la realización de seminarios, talleres, etc., como para la ETSIT de la Universidad Rey Juan Carlos, de cara a sus próximos eventos de divulgación científico-tecnológica y autopromoción.

¹⁰<http://www.madrimasd.org>

Capítulo 4

Ampliación y Mejora de la Herramienta de *M-Learning*

En este capítulo se expondrán fundamentalmente las nuevas funcionalidades incorporadas al sistema con tal de mejorarlo y comenzar su formalización como herramienta de *m-learning* en entornos educativos.

Fruto del estudio de otras herramientas de *e-learning* con cierta popularidad en el área y que permitiesen mejorar este proyecto conociendo las tendencias de trabajo actuales, también se realizará una comparativa desde diversos aspectos con el proyecto aquí presentado.

Finalmente, se indicará someramente el experimento educativo y con fines de investigación que se ha planteado como colofón final del proyecto y del cual se espera conseguir la publicación de un artículo en el que se compararán diferentes metodologías educativas, encontrándose entre ellas por supuesto, las *m-gymkhanas*.

4.1. Consulta del Estado del Arte

Ante el trabajo que se iba a afrontar en esta parte del proyecto, resultaba totalmente imprescindible realizar un estudio del estado del arte dentro del ámbito de las herramientas de *mobile learning*. Así pues, se procedió a la búsqueda, lectura y uso de libros, artículos y otras herramientas de *e-learning* (buena parte de los cuales quedan recogidos en la bibliografía y referencias incluídas al final de esta memoria) que pudieran guardar cierta relación con el sistema aquí presentado, al mismo tiempo que se acudió y visualizó a través de Internet los diferentes seminarios monográficos que organiza la red de excelencia *eMadrid* con carácter monográfico. Todo esto sin duda ha ayudado a lo largo del tiempo no sólo a conocer el estado actual de otras herramientas

dentro de este ámbito así como las tendencias actuales de trabajo en este área de investigación, sino también a readaptar nuevas ideas al proyecto que ayuden a formalizarlo como herramienta educativa. Y como se comentaba, incluso se llegó a trabajar con otras herramientas de *e-learning* con tal de establecer una comparativa respecto al tiempo de preparación de una actividad por parte del docente, tal y como se analizará en secciones posteriores de este capítulo.

4.2. Nuevas Funcionalidades

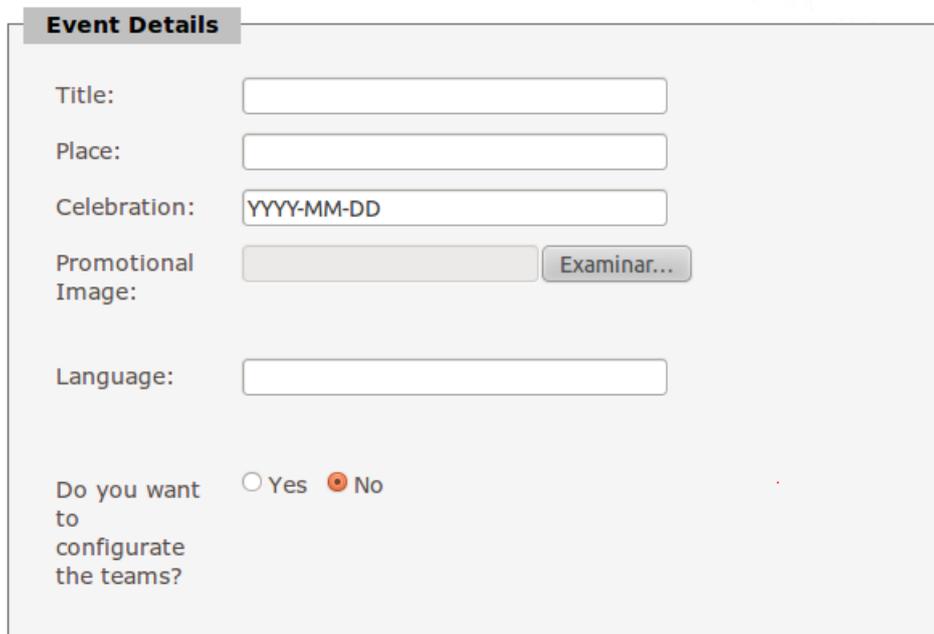
A continuación se presentan las nuevas funcionalidades de mayor interés incorporadas al sistema:

- **Historia lineal vs. *Round-trip*.**

A la finalización del Proyecto Fin de Carrera que ha servido como punto de partida a este trabajo, se realizó un diseño tal que los retos de una *m-gymkhana* quedasen enlazados circularmente, de tal manera que se permitiera a un grupo participante saltar al siguiente reto ante posibles dificultades, y así hasta que consiguiera recorrer y superar todos los retos de la *gymkhana*. Pero además, este sistema resultó de gran utilidad, puesto que permite que los diferentes equipos participantes, inicien su participación en un reto diferente, es decir, en un punto diferente de la *m-gymkhana*. Con esto, se permite que los equipos sigan su camino en la actividad de manera independiente y sin interferencias con el resto de grupos participantes.

Sin embargo, con el tiempo se observó que este tipo de actividad resultaba muy útil para determinadas *m-gymkhanas* en las que por ejemplo, se quisiera mostrar un complejo de edificios como pueda ser el campus de una universidad, cosa que de hecho se ha llevado a la práctica en múltiples ocasiones dentro de este Trabajo de Fin de Máster (consúltese la sección dedicada a las experiencias logradas hasta el momento, en [3.6.1](#)).

Por esto mismo, se decidió que también sería interesante y de utilidad ofrecer una posibilidad mediante la cual, no fuese necesaria esa configuración previa de los equipos participantes y su reto de inicio, sino que siempre se comenzase por el primer reto dentro de la lista enlazada. Esto resulta más que necesario en aquellas *m-gymkhanas* en las que se quiera presentar una historia lineal y causal, en las que para superar un determinado reto, se necesite



The image shows a screenshot of a web form titled "Event Details". The form contains several input fields and a radio button:

- Title:** A text input field.
- Place:** A text input field.
- Celebration:** A text input field with a placeholder "YYYY-MM-DD".
- Promotional Image:** A text input field with a button labeled "Examinar..." next to it.
- Language:** A text input field.
- Do you want to configurate the teams?:** A question with two radio buttons: "Yes" (unselected) and "No" (selected).

Figura 4.1: Configuración de la *m-gymkhana* como una sucesión causal de retos o como una *gymkhana* circular

información conseguida tras la superación de uno o varios retos anteriores. Y por supuesto, se trata de una *m-gymkhana* mucho más próxima al modo *ad-hoc* que se indicará en las líneas futuras de esta memoria (sección 5.2, dado que una vez creada la *gymkhana*, el organizador de la misma no necesitará preocuparse de conocer de antemano el número de grupos participantes, distribuirlos equitativamente por toda la serie de retos, etc. Finalmente, indicar que este es el modo que se ha empleado para las *m-gymkhanas* creadas a modo de ejemplo y para que puedan ser jugadas por cualquier persona con la aplicación *Android* instalada en su *smartphone*.

- **Fomento de la motivación del alumno.**

Durante las diversas experiencias que se han tenido con el presente sistema, siempre se ha observado que uno de los mayores atractivos para los participantes reside en una funcionalidad que en un principio, fue introducida más como un accesorio que como una funcionalidad con utilidad real. Esto es, la clasificación de puntos obtenidos por cada equipo tras su participación en la actividad.

No obstante, tras observar también las diferentes actitudes de los participantes en las *m-gymkhanas* durante el transcurso de las mismas, y teniendo en cuenta el grado de motivación extra que

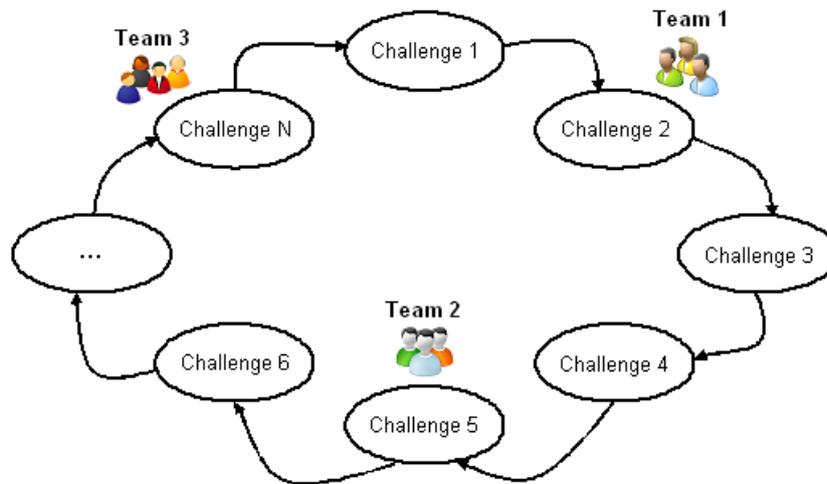


Figura 4.2: *M-Gymkhana* configurada con retos circularmente y sin relación lineal de precedencia

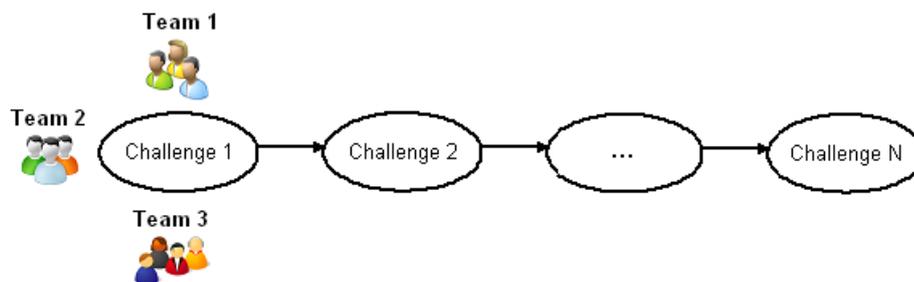


Figura 4.3: *M-Gymkhana* configurada con retos siguiendo una historia lineal

suponía el conocer en tiempo-real la clasificación provisional, se consideró que éste debía ser un punto a explotar.

Hasta el momento, el participante sólo recibía su puntuación final provisional al término de la actividad, conociendo los resultados definitivos y la clasificación por boca del organizador de la *gymkhana*, única persona con acceso a esta información. Así, se decidió implementar una nueva funcionalidad de tal manera que el alumno o jugador, pueda consultar su *ranking* general fruto de todas sus participaciones en *m-gymkhanas*, de una manera atractiva basada en un sistema de gradación por estrellas y categorías (al más puro estilo de videojuegos de todo tipo, tanto de videoconsolas como de los pequeños juegos que inundan las redes sociales), y fomentándose cierta competitividad en el sentido más sano.

Igualmente, también se ha incluido este pequeño mecanismo basado en estrellas para que en el momento de la creación de una *m-*

Position	Team	Score	Correct/Incorrect Responses
1	Team4	5000 points	21 corrects / 0 incorrects
2	Team1	5000 points	21 corrects / 0 incorrects
3	Team3	4990 points	21 corrects / 1 incorrects
4	Team2	4375 points	19 corrects / 1 incorrects
5	Team5	3500 points	17 corrects / 2 incorrects

Figura 4.4: Tabla de clasificación de los equipos en una *m-gymkhana*



Figura 4.5: Consulta del *ranking* de usuarios desde la aplicación Android

gymkhana, su *manager* pueda calificar de uno a cinco estrellas la dificultad de la actividad creada según la dificultad y cantidad de retos, desplazamientos y terreno, etc.

Además, a falta de una elaboración matemática y estadística mucho mayor, ésta puede ser una primera fuente de *feedback* para el docente. Es decir, si el docente contase con un conjunto de *m-gymkhanas* propuestas al alumno para su libre realización, el docente podría conocer fácilmente qué alumnos han jugado en mayor número de actividades con tan sólo consultar el *ranking* general, y con la puntuación numérica, conocer cómo de bien o de mal, se ha realizado la actividad así como su consecuente aprovechamiento.

Esta mejora tiene una motivación también relacionada con la creación de comunidad, puesto que en un principio se espera que este mecanismo pueda servir como cebo a los usuarios para que jueguen nuevas *m-gymkhanas* con tal de mejorar su *ranking*, y en

un futuro, también puedan compartir sus puntuaciones con sus amigos a través de redes sociales como pueda ser *Facebook*.

OVERALL STANDINGS

Status	Score	Award
Beginner	0 - 10.000 points	★
Amateur	10.001 - 25.000 points	★★
Advanced	25.001 - 50.000 points	★★★
Professional	50.001 - 100.000 points	★★★★
Boss	100.001 - 500.000 points	★★★★★
Major	500.001 - 1.000.000 points	★
Master	+1.000.000 points	★★

Ranking	Level	Username	Score	Events
1	★	jcaden	3155 points	4
2	★	cricrespo	2930 points	2
3	★	jfelipe	2435 points	1
4	★	lcanas	2425 points	1
5	★	chachos	2420 points	1
6	★	equipoa	2385 points	1
7	★	rubo	2240 points	2
8	★	Draklunn	2220 points	1

Figura 4.6: *Ranking* de jugadores y gradación por puntos

- **Enriquecimiento multimedia y ampliación de los tipos de retos.**

Existen numerosos estudios [[Albers:2001](#), [Churchill:2006](#)] que indican que la lectura en un *smartphone* resulta mucho más costosa que en los medios tradicionales (libros, manuales, revistas, incluso ordenadores de sobremesa, tabletas, etc.) dadas sus reducidas dimensiones y por no tratarse de un soporte diseñado específicamente para la lectura (éste sería el caso de los libros electrónicos o *e-books*), lo que se traduce en un mayor cansancio de la vista, una lectura más lenta y que en ocasiones puede llevar a una mala comprensión de los contenidos, etc.

Durante la fase previa, el aprendizaje en estas *m-gymkhanas* estaba muy basado en la presentación de textos. Estos textos en su mayoría expositivos de una determinada materia o problemática,

en ocasiones resultaban demasiado largos y pesados para el participante. Tanto es así, que en algunos casos se pudo saber que los participantes solían saltar toda la lectura del texto e ir directamente a la última frase del mismo, en la cual se exponía el reto a resolver o se realizaba una determinada pregunta a responder. Así, a veces un reto cuya respuesta estaba realmente autocontenida en su propio enunciado o que presentaba claras pistas para su resolución, se volvía prácticamente irresoluble.

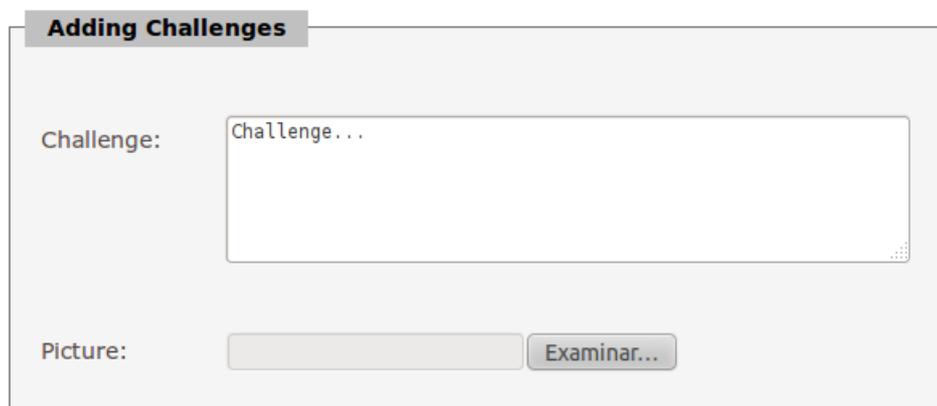
Por todo esto, y teniendo en cuenta el rico dispositivo que supone el *smartphone* con el que se está trabajando y ofreciendo al estudiante, se consideró de vital importancia enriquecer y variar los contenidos relacionados con la resolución de cada reto. Las principales mejoras introducidas en este aspecto, son las siguientes:

- o **Imágenes ilustrativas.** Hasta el momento, el participante en la *m-gymkhana* tan sólo podía visualizar en la pantalla de su *smartphone* un texto explicativo con el reto propuesto para su superación, junto a unos cuadros de textos y/o botones destinados al envío de la respuesta (incluso en algunos casos, como ocurría con las pruebas de geolocalización, tan sólo se tenía un texto dado que el proceso de respuesta se produce de manera automática y transparente para el usuario). Así pues, con tal de enriquecer la experiencia de usuario y contar con la posibilidad de ilustrar gráficamente un texto, o incluso, simplemente mostrar una imagen en la que se muestre el lugar al que se debe acudir en una prueba de geolocalización, en lugar de indicar el sitio con palabras en un texto o marcando su lugar geográfico en *GoogleMaps* (como se puede observar, con cada nueva funcionalidad introducida, la herramienta no sólo se enriquece, sino que además, se da origen a una multitud sin fin de variantes para cada tipo de reto disponible, quedando por tanto de parte del docente la explotación de toda la potencia que ofrece el sistema), se decidió incluir esta posibilidad.

Para ello, el administrador de la *gymkhana* tan sólo deberá cargar un fichero con la imagen a mostrar en el momento de crear el reto en cuestión, todo ello a través de los habituales formularios *web* del portal desarrollado a tal efecto.

E igualmente, el gestor de la *gymkhana* móvil también podrá incluir una foto a modo de imagen o cartel promocional del evento y que será mostrado junto con el texto de bienvenida de la actividad.

Dado que el docente que prepara la actividad no tiene por qué contar con grandes conocimientos técnicos específicos de las

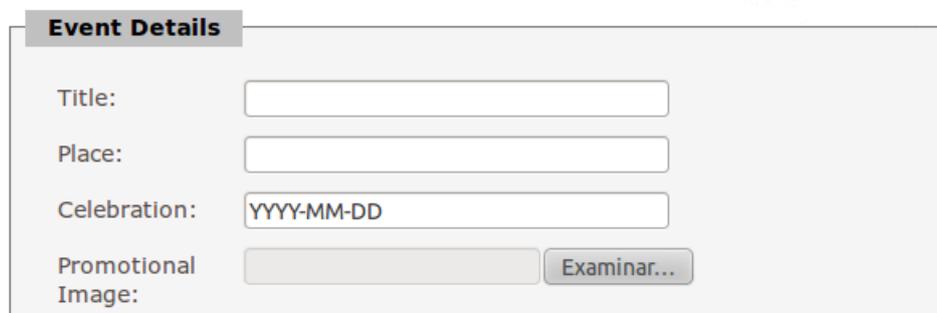


Adding Challenges

Challenge:

Picture:

Figura 4.7: Formulario *web* para incluir una imagen que ilustre un reto de la *m-gymkhana*



Event Details

Title:

Place:

Celebration:

Promotional Image:

Figura 4.8: Formulario *web* para incluir una imagen promocional de la *m-gymkhana*

tecnologías involucradas en el sistema, ni de las limitaciones de los *smartphones* en cuanto a tamaño de pantalla, ancho de banda de conexión a Internet, etc., se deben tener presentes los problemas que podría ocasionar una imagen cargada con un tamaño de por ejemplo, varios *megabytes*. Esto supondría en primer lugar un sinsentido de cara al *smartphone*, puesto que en una pantalla de dimensiones tan relativamente reducidas, no se podría apreciar la calidad gráfica de la imagen, dado que el tamaño para mostrarla será mucho más pequeño. Pero lo que es más importante aún: una imagen con un tamaño excesivamente grande, podría provocar que en un *smartphone* conectado en condiciones normales a través de una red *UMTS* y por tanto con un ancho de banda muy bajo en comparación con las habituales líneas *ADSL*, cable, etc., de los hogares, se tardase muchísimo tiempo en cargar la imagen. Por esto, y tras diferentes pruebas, se llegó a la conclusión de que el tamaño ideal para estas imágenes a cargar en la aplicación

móvil desde el servidor *web*, no deberá encontrarse nunca por encima de los *45-50KB*, y en cuanto a su tamaño en píxeles, será suficiente para una correcta visualización con un ancho de *150-200px*. De este modo, y para evitar esos posibles problemas, en el momento en que el administrador adjunte una fotografía, en el servidor se controlará el tamaño de la imagen, generando en caso de que sea necesario una versión escalada de la misma que será la que finalmente se envíe a los clientes *Android*.

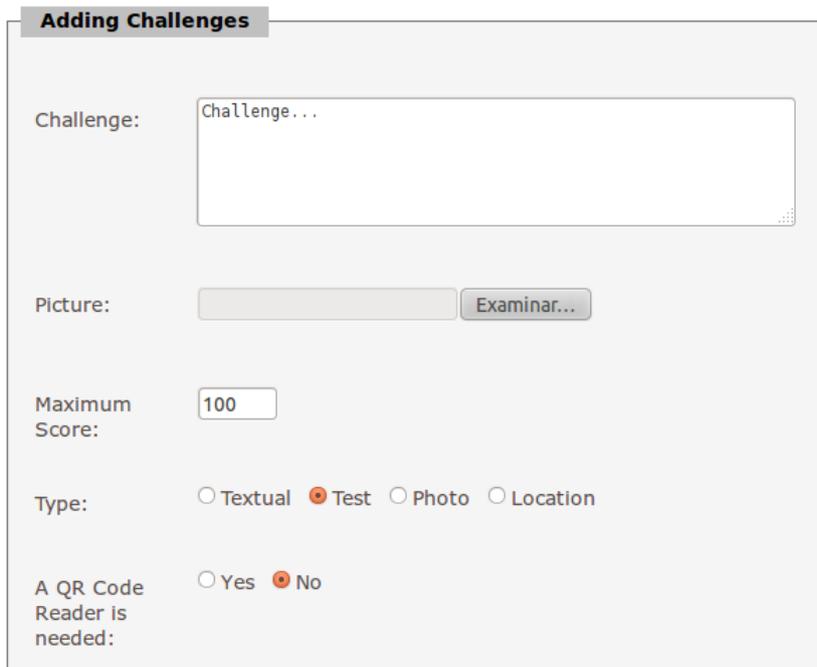


Figura 4.9: Muestra de las imágenes promocionales de eventos y de imágenes ilustrativas de un reto en la aplicación *Android*

- o **Lectura de códigos QR.** Otro elemento interesante para introducir una mayor diversidad en los retos planteados al estudiante y en su manera de resolverlos, y que en los *smartphones* se logra con relativa facilidad, reside en los códigos *QR* (además, se conocen de algunas experiencias de *m-learning* muy positivas y basadas en el uso exclusivo de estos código *QR*, como por ejemplo, para recorrer un campus universitario recopilando información [Perez-Sanagustín:2011]). Es más, la propia interacción con esta tecnología durante estas actividades, puede suponer en sí misma una buena experiencia de aprendizaje, preparando al alumno para lo que parece una tecnología de uso frecuente y común en el futuro (de hecho, ya lo es en algún país como Japón), y en definitiva, acostumbrándose a un nuevo canal de información como lo pueda ser cualquier otro en esta sociedad tan tecnológica en la que nos

encontramos.

Para este tipo de variante, el gestor de la *m-gymkhana* podrá combinarlo con cualquier tipo de reto ya existente (retos de respuesta textual o fotográfica, de geolocalización, etc.), y para ello, tan sólo deberá indicar en el formulario de creación de retos si se requiere o no de la lectura de un código *QR* para la superación del reto.



Adding Challenges

Challenge:

Picture:

Maximum Score:

Type: Textual Test Photo Location

A QR Code Reader is needed: Yes No

Figura 4.10: Formulario *web* para seleccionar si el reto requiere la lectura de códigos *QR*

Así, las posibilidades nuevamente se multiplican, de modo que el código *QR* que el administrador se tendrá que encargar de generar y colocar en algún punto del espacio reservado para la celebración de la actividad, podrá contener una pista para la resolución del reto, una prueba intermedia para su consecución, esconder la respuesta misma al reto, o incluso, no contener nada y ser simplemente un pequeño despiste para el alumno con la única finalidad de amenizar la actividad por medio de su búsqueda en un lugar escondido.

Es más, como un posible trabajo futuro no indicado en el capítulo 5, se ha pensado en la posibilidad de ofrecer ante un determinado reto, un panel con diferentes códigos *QR*. Cada código *QR* se corresponderá con una posible respuesta codificada a un reto planteado, y teniéndose un reto posterior diferente y por tanto un camino distinto dentro de la

m-gymkhana, dependiendo de que la respuesta sea correcta, o equivocada en mayor o menor medida, consiguiéndose con ello diferentes historias dentro de la actividad de tal modo que el alumno haga un recorrido en la misma por aquellas materias cuyos contenidos peor ha comprendido, más necesita repasar, etc.



Figura 4.11: Código *QR* e interfaz para lanzar la aplicación lectora de códigos *QR* desde la aplicación *Android*

En cuanto a la implementación de esta funcionalidad en la aplicación *Android*, se realizará por medio de un botón incluido en la interfaz gráfica de usuario cuando así sea requerido, de modo que al ser pulsado, se ejecutará la lógica necesaria para explorar los paquetes *software Android* (es decir, las aplicaciones) instalados en el móvil. Si se encuentra que una determinada aplicación del *Android Market* (concretamente la aplicación *Barcode Scanner* de *ZXing Team*) que cubre la funcionalidad de leer un código *QR* y devolver la información contenida en él, ésta será lanzada. Tras leerse el código *QR*, esta aplicación será detenida automáticamente y la información del código mostrada al usuario en un diálogo para su lectura y que pueda obrar en consecuencia de cara a la superación del reto.

- o **Pruebas de tipo test.** También se ha añadido un nuevo tipo de reto en cuanto a la posible respuesta dada por el usuario. Es decir, se trata de un reto ante el cual se ofrece al alumno una serie de posibles respuestas u opciones entre las cuales

debe seleccionar una de ellas como la correcta para su envío al servidor, lo que supondría el típico examen/preguntas tipo test.

Figura 4.12: Formulario *web* para la introducción de las diferentes opciones de respuesta en un reto de tipo test



Figura 4.13: Muestra de la selección y envío de respuesta ante un reto de tipo test

Este nuevo tipo de reto soluciona una problemática existente con los retos de respuesta textual. En aquellos retos, el usuario debía introducir una cadena de texto en un campo de edición libre y como respuesta a dicha prueba. Sin embargo, ciertas respuestas podrían ser escritas de múltiples maneras diferentes (por ejemplo, una respuesta numérica se puede escribir con

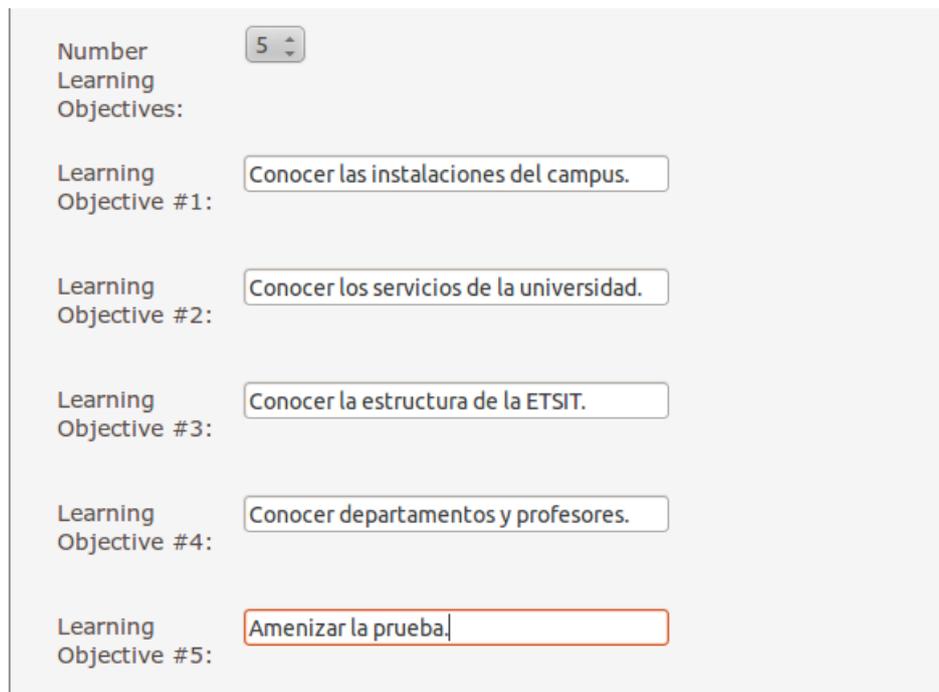
dígitos o con letras, o una fecha se puede introducir con multitud de formatos posibles), además de posibles errores ortográficos, acentos, etc. Esto hace que la validación automática de estas respuestas en algunos casos resulte equivocada (incluso aplicando algoritmos para el cálculo de métricas o distancias entre cadenas de caracteres, como por ejemplo la *Distancia de Levenshtein*), por lo que se hace necesaria una supervisión de las respuestas por parte del docente, lo que se traduce en más trabajo para el mismo. Precisamente este tipo de reto basado en ofrecer varias opciones a modo de test, podría ser la opción ideal a emplear de cara a aquellos retos en los que puedan existir conflictos o dificultades en la respuesta.

Pero además de esta ventaja, se trata de un tipo de pregunta que supone una fuente muy rica de datos y fácilmente tratable de una manera estadística. A partir de este tipo de pruebas, se pueden obtener diferentes métricas sobre la discriminación de una pregunta en concreto (si se trata de una mala pregunta ya sea por su facilidad ante lo cual todos los alumnos contestan correctamente, o por su extremada dificultad y por tanto, una gran mayoría de los alumnos responden de manera incorrecta), acerca del número de cebos introducidos (opciones incorrectas ofrecidas como posibles respuestas al reto), extracción de patrones de aprendizaje entre el alumnado, etc. No obstante, en este aspecto se profundizará en mayor medida en los siguientes apartados de esta memoria.

- **Establecimiento de objetivos de aprendizaje en cada *m-gymkhana* y para cada reto.**

Un aspecto que se quiso potenciar en este trabajo, fue el hecho de que el propio docente pudiera estructurar mucho mejor las actividades para el aprendizaje. Para ello, se creyó oportuno permitir la posibilidad de que el docente establezca una serie de objetivos para la *m-gymkhana*. A su vez, cada reto de la *gymkhana* podrá contar también con un conjunto de esos objetivos establecidos para la actividad.

Por poner un ejemplo que clarifique esto, pensemos en una *m-gymkhana* a través de la cual, se quiera que un nuevo alumno de la universidad, conozca todo lo posible sobre la Universidad Rey Juan Carlos y más concretamente sobre la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Así, un objetivo prioritario y más tratándose de un alumno de nuevo ingreso, será darle a conocer las instalaciones de la universidad que más va a utilizar



Number Learning Objectives: 5

Learning Objective #1: Conocer las instalaciones del campus.

Learning Objective #2: Conocer los servicios de la universidad.

Learning Objective #3: Conocer la estructura de la ETSIT.

Learning Objective #4: Conocer departamentos y profesores.

Learning Objective #5: Amenizar la prueba.

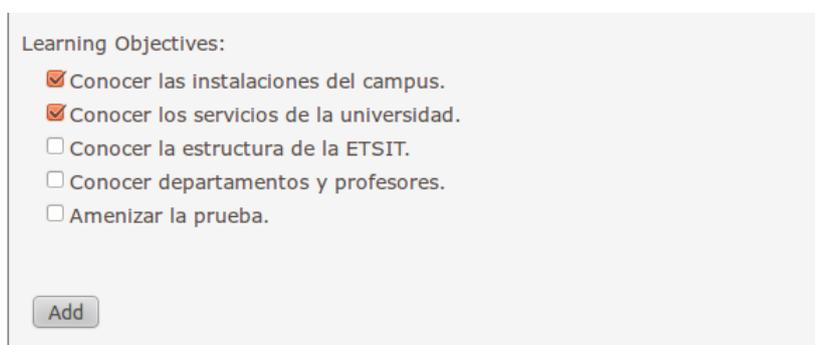
Figura 4.14: Formulario *web* para la introducción de los objetivos de aprendizaje de una *m-gymkhana*

teniendo en cuenta su titulación, así como los servicios que se ofrecen en el campus (biblioteca, cafetería, secretaría de alumnos, etc.). Por otro lado, también resultará importante que conozca la estructura de su escuela, así como sus miembros: director y secretario de la escuela, departamentos miembros, diversos profesores, etc. E igualmente, sería bueno que el alumno conozca las diferentes titulaciones ofertadas dentro de su escuela (diversos grados relacionados con una misma rama de saber, etc.), planes de estudio, permanencia de estancia en la universidad, etc. Y por supuesto, con tal de contar con una actividad de aprendizaje entretenida y dinámica, también se podrían introducir ciertos retos con un propósito más cercanos a amenizar. La lista sería interminable para este ejemplo, pero será trabajo del docente establecer esos objetivos fundamentales, lo que a su vez, le ayudará sobremedida para conseguir una buena actividad de *m-learning*, con unos focos muy claros y con todos y cada uno de los retos planteados debidamente categorizados según sus objetivos finales dentro del evento.

Pero además, esta sencilla funcionalidad también permite mejorar el *feedback* recibido por parte del docente (y en un futuro también en el caso del alumno), ya que podrá obtener diferentes resultados

estadísticos fruto del análisis numérico de las respuestas recibidas, y no sólo de una manera genérica, sino también por categorías de aprendizaje. Esto resultará especialmente interesante para que el docente pueda conocer por ejemplo, qué temas de su asignatura están costando más a sus alumnos, cuáles han sido comprendidos sin mayores complicaciones por lo que no es necesario volver sobre ellos, en qué aspectos resulta necesario un mayor refuerzo porque pueda darse el caso de que el tema no haya sido expuesto convenientemente, etc.

Como siempre, la manera en que el administrador de la *gymkhana* introducirá estos objetivos de aprendizaje, será por medio de formularios *HTML*, tanto en el caso de los objetivos en general para la *gymkhana*, como a la hora de seleccionar cuál o cuáles de esos objetivos atañen a la prueba creada en cada momento.



The image shows a web form titled "Learning Objectives:". It contains five checkboxes with corresponding text: "Conocer las instalaciones del campus.", "Conocer los servicios de la universidad.", "Conocer la estructura de la ETSIT.", "Conocer departamentos y profesores.", and "Amenizar la prueba.". The first two checkboxes are checked, while the others are unchecked. At the bottom left of the form is a button labeled "Add".

Figura 4.15: Formulario *web* para la introducción de los objetivos de aprendizaje de un determinado reto

- **Análisis estadístico de respuestas para un mejor *feedback* del docente.**

El proyecto aquí presentado sobre el sistema de *m-gymkhanas* no llega a su fin con la presentación del presente Trabajo Fin de Máster. Al igual que ocurre con el experimento de investigación que se está preparando y sobre el que se prestará especial atención en la sección 4.5 de este capítulo, existe otro trabajo en curso a la escritura de esta memoria. Concretamente, se trata de una nueva funcionalidad orientada a continuar completando y formalizando el sistema como herramienta de *m-learning*. Esta funcionalidad consiste más concretamente en la posibilidad de elaborar y ofrecer vía *web* al docente que ha preparado la actividad, un completo informe en el que se analicen estadísticamente todos los datos

generados en el sistema durante la realización de la *m-gymkhana*, desde las propias respuestas a los retos, ya sean correctas o incorrectas, hasta los tiempos necesarios para que los alumnos superen un determinado reto. Otro ejemplo de información de interés que se puede extraer a través de esos datos, reside en que no se podrá realizar únicamente un análisis estadístico genérico, sino también categorizado a través de los diferentes objetivos de aprendizaje establecidos dentro de la *m-gymkhana* y para cada reto en concreto, información recogida gracias a la nueva funcionalidad descrita en el apartado anterior.

Entre esta información estadística interesante se ha detectado como un buen punto de partida que se podría realizar un primer análisis del conjunto de respuestas en general y de cada pregunta o reto en particular, con el fin de obtener información sobre la calidad de las preguntas formuladas. Esto se puede traducir por los conocidos comúnmente como índices de dificultad e índices de discriminación.

Pero de manera previa a esto, se debe establecer el grupo fuerte y el grupo débil sobre la población muestral, que se corresponderán respectivamente y de manera aproximada con el 27 % del total de alumnos que hayan obtenido los mejores resultados en la actividad y con el 27 % del total de alumnos que hayan obtenido los resultados más bajos en la actividad. Este análisis en principio está diseñado para la evaluación de exámenes tipo test individuales para los alumnos, de modo que será necesaria una adaptación al caso de la *m-gymkhana* tal que que por ejemplo en una *gymkhana* con cinco grupos participantes, se podría elegir como grupo fuerte al mejor de ellos y como grupo débil al peor de ellos, lo que ofrecería unos porcentajes del 20 % en cada caso de representatividad sobre la muestra total. Por último, indicar que el resto de alumnos/grupos no se tendrán en consideración para los cálculos de los índices. Por supuesto, ni qué decir tiene que los resultados obtenidos serán mucho más fieles a la realidad y fiables a medida que se tenga mayor número de grupos participantes en la *m-gymkhana*.

Así, el índice de dificultad permitirá conocer en qué medida una pregunta es fácil o difícil, cosa que en la *m-gymkhana* además se podría conjugar con el tiempo necesario para responder a dicha prueba con tal de obtener una información aún más completa. Este índice, cuanto mayor valor tenga indicará que más fácil ha sido la pregunta, de modo que si se quiere calcular por ejemplo de 0 a 1, el 0 indicará que la pregunta ha sido muy difícil mientras que el 1 indicará que ha sido muy fácil, de modo que el índice

de dificultad recomendado se suele encontrar entre 0'5 y 0'6. De una manera ideal, dentro de una prueba se espera obtener una distribución gaussiana según la cual el 5% de las pruebas sean fáciles, el 20% medianamente fáciles, el 50% con una dificultad media, otro 20% con una dificultad medianamente difícil y el 5% restante con una dificultad alta. La manera de calcular este índice para una evaluación tradicional a alumnos de manera individual y que por tanto necesitará de validación y adaptación al modelo de evaluación en grupos como ocurre en las gymkhanas móviles, es la siguiente para el caso de una pregunta, prueba o reto:

$$difficulty_ratio = C/TS \quad (4.1)$$

Donde C es el número total de respuestas correctas a una determinada pregunta y TS es el número total de alumnos (o visto de otra manera, el número total de respuestas tanto correctas como incorrectas dadas a la pregunta).

Por su parte, el índice de discriminación establece la selectividad de la pregunta para distinguir al grupo fuerte del débil. Su valor se encuentra entre -1 y 1, obteniéndose un buen valor para el mismo entre 0.25 y 0.35. Si todos los alumnos del grupo fuerte responden correctamente y todos los del grupo débil lo hacen incorrectamente, se encuentra el valor máximo del indicador, que será igual a 1. Si ocurre el caso contrario, su valor mínimo será de -1. Y en el caso de que ambos grupos contesten por igual, el valor del indicador será 0, obteniéndose en este caso el valor mínimo de discriminación. La ecuación para su cálculo ante una determinada pregunta, prueba o reto es la siguiente:

$$discrimination_ratio = (CS - CW) / TS \quad (4.2)$$

Donde CS es el número respuestas correctas a la pregunta dentro del grupo fuerte; CW es el número de respuestas correctas a la pregunta dentro del grupo débil; y TS es el número de estudiantes en el grupo más numeroso de estos dos grupos (débil y fuerte).

Para finalizar, indicar una vez más la necesidad de adaptar estos cálculos a la evaluación en grupo, dado que estas ecuaciones están orientadas a la evaluación sobre alumnos de manera individual, y no divididos en grupos de entre 4 y 6 alumnos colaborando entre sí y ofreciendo una respuesta común para todos ellos.

Igualmente cabe destacar la riqueza de las evaluaciones de tipo test de cara a su análisis estadístico, y de hecho, las ecuaciones anteriores están diseñadas para su aplicación sobre precisamente este tipo de pruebas, razón adicional por la cual se decidió añadir los

retos con respuesta tipo test al sistema. No obstante, será necesario estudiar otras maneras de evaluar con la misma riqueza y validez estadística el resto de retos posibles en las *m-gymkhanas*, ya sea adaptando los modelos aquí presentados y bien conocidos, o proponiendo nuevos modelos estadísticos.

En definitiva, se está realizando por un lado un estudio sobre posibles métricas y tratamiento estadístico de datos extraídos en actividades de evaluación, para posteriormente y por otro lado, proceder al cruce de datos de las diferentes tablas almacenadas en la base de datos del sistema para su presentación de manera gráfica y fácilmente analizable a través de una página *web* adicional dentro del portal del servidor del sistema.

4.3. Análisis del Proyecto

Como resultado de estas nuevas funcionalidades, gracias al análisis de la herramienta en línea *ohloh.net*, se ofrece un breve resumen de las líneas de código introducidas en el proyecto, y el número de *commits* en cada mes, lo que siempre ofrece una buena perspectiva sobre el nivel de actividad en un proyecto dependiendo de la época/mes del año.

Así, se puede observar en las gráficas 4.16 y 4.17 que ambas se corresponden perfectamente, contándose con un incremento en el número de líneas de código del proyecto mucho mayor en aquellos meses con mayor número de *commits*. Así, se tiene que en el período anual de agosto de 2010 a agosto de 2011, y tras realizarse un total de 160 *commits*, todo ello a fecha de 28 de agosto de 2011, el número total de líneas de código del proyecto se ha visto incrementado en más de cuatro mil líneas, sin incluirse en este número ni líneas de comentarios ni líneas en blanco, teniéndose en cuenta que el proyecto también ha sufrido reestructuraciones y que habitualmente, en un *commit* no se suelen incluir únicamente líneas de código nuevas sino que también se suelen eliminar líneas antiguas, por lo que cabe esperar que el número de líneas modificadas totales sea mucho mayor). Además, existen algunos meses en los que la actividad en el proyecto es más baja, llegando incluso en algunos casos a no tener aportaciones. Esto se debe a que esos meses sin actividad en el proyecto en términos de código, se correspondieron con meses en los que el esfuerzo sobre el proyecto se estaba desarrollando sobre otros aspectos, como la preparación de eventos, presentaciones y demos, la elaboración de la página *web* del proyecto y toda su documentación a través de vídeos y manuales, etc.

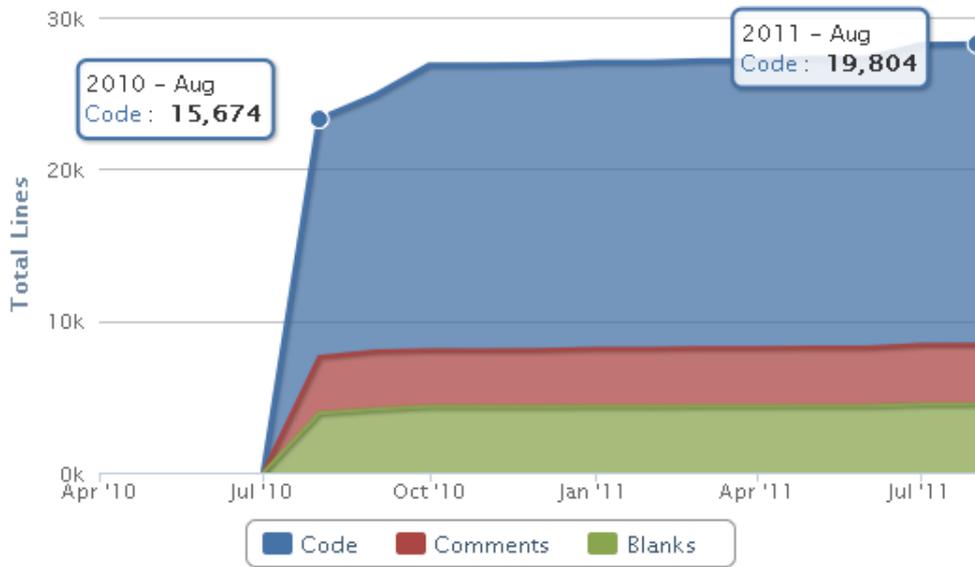


Figura 4.16: Evolución del proyecto en el tiempo respecto de su número de líneas de código, comentarios y líneas en blanco

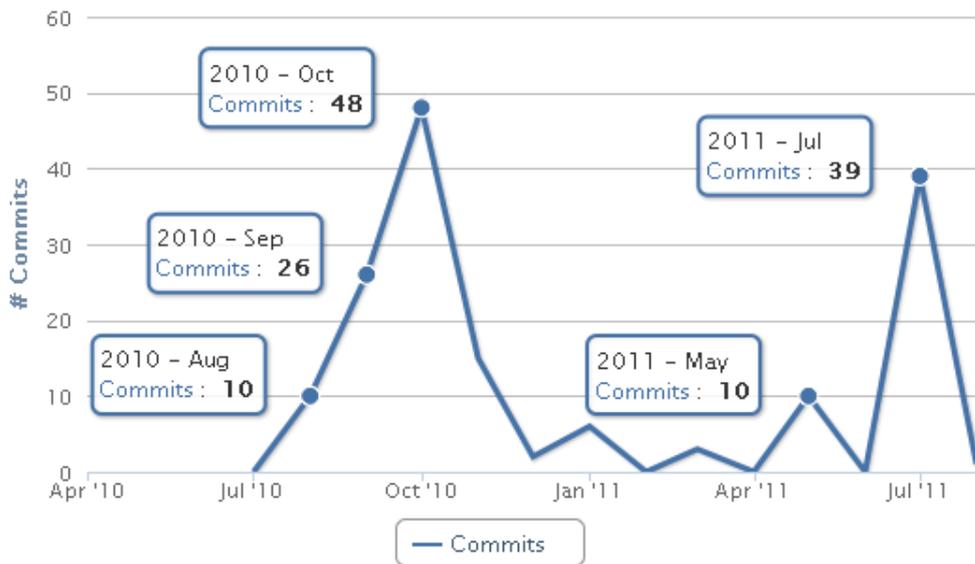


Figura 4.17: Evolución en el tiempo de la actividad dentro del proyecto respecto del número de *commits* realizados

4.4. Comparativa entre plataformas de *e-Learning*: *e-Adventure* y *m-Gymkhana*.

Con tal de validar el sistema como herramienta de *m-learning*, se consideró conveniente realizar una comparativa frente a otra herramienta para *e-learning* ya consolidada y de largo recorrido, que conserve un espíritu similar al de esta herramienta. Concretamente, esta validación se realizó frente a la plataforma *e-Adventure*, que goza de gran popularidad especialmente dentro España y de la red de excelencia *eMadrid*, así como una ya larga trayectoria dentro del área del aprendizaje basado en la tecnología.

Desarrollada en la Universidad Complutense de Madrid, se podría decir que *e-Adventure* configura una herramienta para el desarrollo ágil de videojuegos educativos a modo de aventura gráfica (similar a un videojuego clásico como el famoso *Monkey Island*) y teniendo también en cierta medida, relación con los mundos virtuales, también muy de moda dentro del ámbito de investigación en torno al *e-learning*.



Figura 4.18: Logotipo de la plataforma *e-Adventure*

4.4.1. Esfuerzo por Parte del Docente

Mediante esta comparativa entre las herramientas *e-Adventure* y *m-Gymkhana* lo que se buscó fundamentalmente fue la cuantificación del esfuerzo que le exigirá al docente contar con esta herramienta de aprendizaje. Para ello, se decidió escoger una determinada temática sobre la cual preparar la actividad. La temática seleccionada fue la figura de

Richard M. Stallman y su importancia dentro de la historia del *software libre* (orígenes del movimiento y de su filosofía, creación de la *Free Software Foundation* y del proyecto *GNU - GNU's Not Unix*, etc.). Esta materia se correspondía además con una parte muy importante de la asignatura optativa "Software Libre" dentro del Máster Universitario Oficial en Sistemas Telemáticos e Informáticos de la Universidad Rey Juan Carlos, por lo que los productos de *e-learning* resultantes de este estudio, fueron puestos al alcance de los alumnos de dicha asignatura con tal de que pudieran repasar esos temas, etc.

Así, en primer lugar se llevó a cabo un proceso de documentación y resumen respecto a la temática, fundamentalmente gracias a los materiales de la asignatura e Internet. Este proceso se puede cifrar en alrededor de las cuatro horas de trabajo, y en el que además de la propia recopilación de la información, se encontraba la selección de los aspectos más destacados, resumen de otros más superfluos, etc.

Posteriormente, y dado que el autor del presente Trabajo de Fin de Máster se encuentra más familiarizado con la herramienta de *gymkhanas* que él mismo ha desarrollado, se prefirió comenzar por la realización de esta actividad de tal manera que parte del trabajo realizado para la misma, pudiera ser readaptado fácilmente al juego de *e-Adventure* y con ello, poder compensar la posible desventaja de esta segunda herramienta *a priori* desconocida, frente a otra herramienta dominada ya por el usuario.

De este modo, el trabajo de preparación y redacción de las diferentes preguntas dentro de la *gymkhana*, sus imágenes ilustrativas, pistas a cada pregunta, textos de bienvenida y cierre de la actividad, etc., se pudo establecer en alrededor de tres horas, más unos veinte minutos adicionales en concepto de introducir toda esa información a través de los formularios *HTML* de la herramienta, que para una persona que maneja por primera vez esta herramienta, podría cifrarse en una hora, teniendo en cuenta que una vez introducidos los primeros retos, el resto se realizan de una manera muy automática y por tanto, rápida.

El resultado de este trabajo fue una *gymkhana* con una serie de 19 retos y en la que realmente, en esta ocasión, no se quiso introducir el factor del movimiento (pruebas de geolocalización), aspecto realmente poco importante de cara a los puntos de interés que se querían estudiar de esfuerzo para el docente en la preparación de las actividades.

En cuanto a la herramienta *e-Adventure*, el proceso de familiarización con la misma requiere evidentemente un tiempo muy superior al del sistema aquí presentado, puesto que éste último utiliza una página *web* como cualquier otra a la que todo docente está acostumbrado, mientras que *e-Adventure* supone todo un mundo nuevo por descubrir (es más, en



Figura 4.19: Muestra del inicio de la *m-gymkhana* creada para la comparativa con un videojuego análogo desarrollado con *e-Adventure*

e-Adventure se requiere un pequeño tiempo para la instalación del *JRE* de *Java* y de la propia plataforma *e-Adventure*, mientras que en el caso de *m-Gymkhana* no se necesita ninguna instalación puesto que se trata de una interfaz *web*). De hecho, idealmente el primer paso a dar será precisamente la visualización de los trece vídeos a modo de tutoriales por secciones sobre las diferentes funcionalidades y uso de la herramienta (la duración total de estos videotutoriales es de aproximadamente 67 minutos). Posteriormente, durante el propio desarrollo del juego, lo normal será que se necesiten consultas puntuales ya sea a estos mismos vídeos, o incluso mejor, a los manuales en formato texto con capturas de pantalla y que también están accesibles en la *web* del proyecto *e-Adventure*.

Además, en *e-Adventure* se necesita un guión para el videojuego muy bien estructurado y basado en diálogos dado que el propio videojuego estará muy fuertemente apoyado sobre dicho guión y de él dependerá el éxito o no del videojuego como actividad destinada al aprendizaje. E incluso en el que los personajes presentados en el juego, cuenten con ciertos tintes de humor. Si bien este guión al menos en su parte de documentación y estructuración principal ya se ha desarrollado en cierto modo gracias al trabajo previo a la realización de la *m-gymkhana*, aún quedaron algunos trabajos de retoque, estructuración y división del juego en capítulos y escenas dentro de cada capítulo, etc. Así como

recomponer aquello que en los retos de la *m-gymkhana* se muestra como una simple pregunta, en diálogos según los cuales un personaje del juego plantee una determinada pregunta con diferentes opciones de respuesta, y dependiendo de la respuesta dada por el alumno, tomar unas acciones u otras.

En la plataforma *e-Adventure*, si bien se simplifica y facilita el desarrollo de un videojuego haciéndolo accesible a cualquier persona con interés en ello, el proceso de creación del mismo resulta aun así bastante tedioso. Para comenzar, se deben tomar fotografías de las ubicaciones en las cuales se desarrollarán las diferentes escenas del juego dado que esas fotos serán utilizadas como fondos en dichas escenas. Igualmente, se deberán tomar fotos de los personajes involucrados en el juego (siempre existe la alternativa de realizar diseños gráficos desde cero tanto de los escenarios como de los personajes, lo que daría una imagen mucho más cercana a los videojuegos profesionales pero también requerirá un coste y esfuerzo mucho mayor). Se deberá introducir toda esta información a través de la aplicación de escritorio que provee *e-Adventure* para tal efecto, lo cual como se indicó, a veces resulta demasiado pesado, lento y repetitivo. Y por supuesto se deberán crear también con sus imágenes asociadas todos los libros y demás objetos que el usuario del videojuego podrá utilizar dentro del mismo para la resolución y avance en el juego. Por último, se deberán introducir también los textos y diálogos presentados al jugador, transiciones y relaciones entre las diferentes escenas y capítulos del mismo, *flags* de efectos y condiciones que controlen el flujo del juego para conocer cuándo algo se ha hecho bien o mal, si se puede avanzar o no al siguiente hito del juego, etc.

Así, tras la realización del juego sobre Richard M. Stallman, se puede indicar que el esfuerzo desempeñado en el mismo se encuentra en torno a las 30 horas, teniendo en cuenta desde la búsqueda/realización de las imágenes para fondo de las escenas, personajes, etc., textos y diálogos reescritos y readaptados sobre la marcha durante el propio trabajo en el videojuego, horas dedicadas a la depuración del juego, consultas a vídeos y manuales de *e-Adventure* para llevar a cabo alguna acción en concreto dentro de la plataforma, etc. También es de destacar que de esas 30 horas de trabajo, se estima que se comenzó a contar con la suficiente soltura en la herramienta a partir de las primeras 10-15 horas de trabajo con la misma.

Como resultado, se tuvo que en el caso de *m-Gymkhana* la actividad resultante suponía unos 30-40 minutos de dedicación por parte del estudiante, mientras que el videojuego resultante de la plataforma *e-Adventure*, se estima una duración alrededor de los 5-10 minutos, dependiendo del conocimiento previo que tenga el alumno sobre la materia. Como se puede observar, existe una clara diferencia entre la

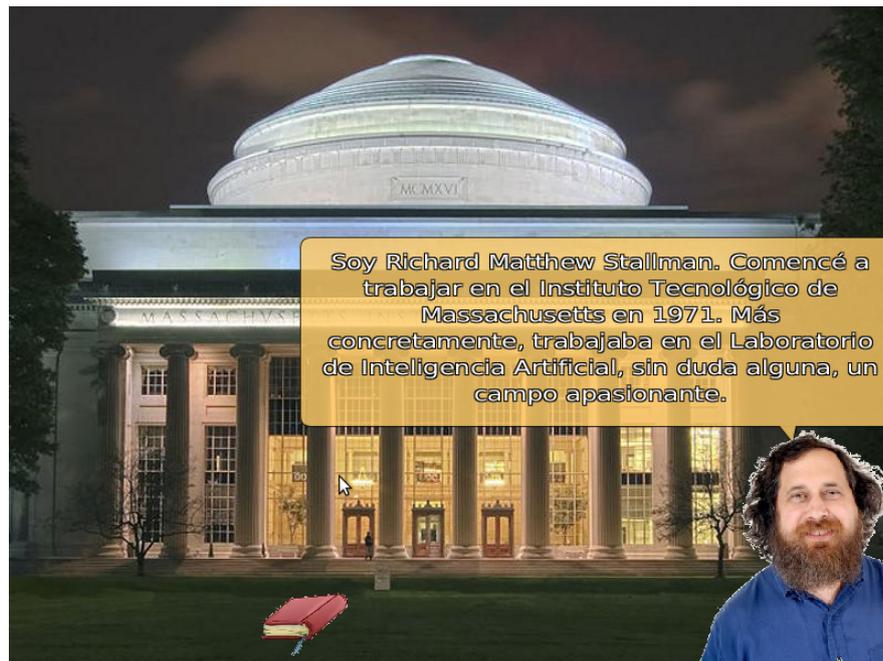


Figura 4.20: Muestra de la aventura gráfica sobre Richard M. Stallman desarrollada con la plataforma *e-Adventure*

duración de una y otra actividad, y muy especialmente si se pone este factor en función del esfuerzo que el docente ha tenido que desempeñar para contar las actividades. Pese a que en el videojuego de *e-Adventure* se presenta una gran cantidad de textos expositivos y libros digitales insertados dentro del mundo virtual creado por el juego, se presentaron relativamente pocos diálogos en los que se requería la interacción por parte del usuario, dado lo tedioso de este proceso y el aumento del coste en términos de esfuerzo que esto supone. Además, se trata de un videojuego bastante lineal, sin múltiples finales alternativos en función de las respuestas erróneas o correctas que el usuario ofrezca. Sin embargo, en la *m-gymkhana* con tan sólo incluir un pequeño reto más con su texto expositivo-ilustrativo y posterior pregunta a través de un simple formulario *HTML*, puede provocar que dependiendo de la dificultad del reto, se generen varios minutos más de estimulación intelectual para el alumno, intentando buscar una respuesta ya sea a través de su entorno, de libros en la biblioteca, Internet, etc., eso sin contar que en este juego en particular no se introdujeron retos de geolocalización y lo que el movimiento conlleva a través de por ejemplo, los edificios de un campus universitario. Esto hace que en una *m-gymkhana* se pueda plantear un número mucho mayor de retos con un coste bajo y siempre lineal y de ahí que la duración de la actividad pueda crecer tanto como queramos sin mayores complicaciones, mientras que con la plataforma

e-Adventure, la complejidad del juego puede crecer exponencialmente a medida que presentemos mayor número de diálogos interactivos con el usuario, diferentes finales alternativos, etc., sin que por ello, la duración del juego vaya a crecer también en ese mismo orden de magnitud.

De hecho, se consultó a parte del equipo de trabajo de la plataforma *e-Adventure* sobre algún estudio o estimación del esfuerzo para el desarrollo de un buen videojuego con la plataforma. Su respuesta fue, basándose en su propia experiencia y en el desarrollo de videojuegos anteriores, que el esfuerzo para el desarrollo de un videojuego de diez minutos de duración, por parte de una persona con un conocimiento medio en la plataforma, sería de entre un mes y medio, y dos meses, con dedicación en exclusiva, y donde estarían incluidos los trabajos de documentación, abstracción y elaboración de un guión, diseño gráfico, introducción de los elementos del juego, depuración, etc.

Es más, *e-Adventure* cuenta con múltiples funcionalidades muy ricas para un entorno de *e-learning* de las que ni siquiera se llegó a hacer uso, por el hecho mismo de la mayor dedicación que hubiese requerido el conocer cómo se usarían esas funcionalidades en la plataforma, como son el caso de la introducción de *timers* para establecer un límite temporal al alumno para que alcance un hito dentro del juego o simplemente para conocer cuánto tiempo le ha costado superar una determinada escena, o la creación de perfiles de evaluación que utilizará *flags* ya introducidos en el juego para la elaboración de un informe que ofrezca *feedback* tanto al alumno como al profesor.

Concepto	<i>e-Adventure</i>	<i>m-Gymkhana</i>
<i>Familiarización (horas)</i>	10-15	1-2
<i>Esfuerzo del Docente (horas)</i>	25-30	5-6
<i>Duración de Actividad (minutos)</i>	5-10	60-120
<i>Requisitos Docente</i>	<i>JRE de Java</i> y motor de <i>e-Adventure</i>	Navegador <i>web</i>
<i>Requisitos Alumno</i>	Ordenador	<i>Smartphone Android</i> con conexión a Internet
<i>Coste Económico (euros)</i>	Nulo (<i>a priori</i>)	1.00-1.50

Tabla 4.1: Comparativa de esfuerzo, requisitos y costes en *e-Adventure* y *m-Gymkhana*

4.4.2. Otros Aspectos

Además del esfuerzo temporal exigido al docente por parte de la herramienta, existen muchos otros aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de utilizar y comparar una herramienta de *e-learning*. Como se ha indicado, aunque aquí se ha tenido como principal factor ese esfuerzo temporal, también se pueden destacar otros aspectos:

- **Socialización y trabajo colaborativo y en equipo.**

Actualmente, en todos los entornos educativos se tiene siempre muy presente el trabajo en equipo por parte de los alumnos, de tal manera que además, puedan desarrollar sus habilidades sociales, lo que supone también otra forma más de aprender. Sin embargo, esa componente de socialización no está presente en el caso de los videojuegos, al menos no al estilo clásico de los propuestos y elaborados a través de la herramienta *e-Adventure* (posibilidades muy distintas podrían surgir en los juegos en red, frente a estas aventuras gráficas con un único protagonista), donde un alumno estará frente a un ordenador y sin necesitar de la colaboración con nadie más para la superación de los diferentes niveles dentro del juego. Así, las *m-gymkhanas* por su parte pueden ser muy ricas en este sentido, dado que se trata de actividades pensadas desde sus orígenes más remotos para ser desarrolladas en grupo, y de tal modo que todo el equipo en su conjunto deba colaborar con tal de sacar adelante un reto de la *gymkhana*. De este modo, cada alumno se sentirá parte de un todo, como reflejo de la sociedad en la que vivimos y para la cual se está preparando, en la que cada persona podrá contar con un papel fundamental gracias a las cualidades que le destacan entre los demás, y conociendo la importancia de tener en cuenta también al resto.

- **Disponibilidad.**

A día de hoy, es evidente que en todas las universidades, así como en los hogares, y cada día con más frecuencia en los institutos y colegios, se cuenta con ordenadores personales y portátiles. Esto hace posible que la disponibilidad de un juego *e-Adventure* para los alumnos sea mucho más accesible en estos momentos que en el caso de la *m-Gymkhana*, dado que se requiere de un *smartphone Android* además de una conexión de datos en el mismo. Pero del mismo modo que hace apenas una década era casi impensable que todos los hogares contasen con un ordenador y una conexión a

Internet, actualmente resulta extraño pensar que dentro de muy poco no ocurrirá exactamente lo mismo con el caso de los *smartphones*. Así pues, si bien en la actualidad puede ser un problema relativo el que bien el docente, bien los alumnos, cuenten con estos recursos tecnológicos, no parece que lo sea así de cara al futuro.

- **Coste económico.**

Este aspecto se encuentra relacionado con el punto anterior. Actualmente, el coste adicional de instalar el motor de *e-Adventure* y el *JRE* de *Java* es muy bajo, dado lo extendido que se encuentra el uso de ordenadores personales con acceso a Internet. En el caso de *m-Gymkhana*, se necesitaría además de contar con ese *smartphone Android*, una conexión de datos a Internet. La tendencia en los últimos años y los estudios de mercado parecen indicar que dentro de unos años los *smartphones* con Internet estarán tan extendidos o más como los propios ordenadores (de hecho, ya en la actualidad el número de dispositivos telefónicos móviles es superior al de ordenadores personales). No obstante, a día de hoy y siempre que ya se disponga de un conjunto suficiente de *smartphones* (idealmente, en torno a 5-6 *smartphones* para un aula de entre 25 y 30 alumnos), el coste de esta actividad es relativamente bajo para el tipo de actividad tan novedosa que supone para los alumnos y dentro de los entornos educativos. De hecho, tras la realización de múltiples *m-gymkhanas* en diferentes eventos, se ha encontrado que utilizando tarjetas de telefonía de prepago como acceso a las redes *UMTS*, y para una *m-gymkhana* de una duración de unas dos horas, el coste en media por cada *smartphone* es de entre 1 y 1.50 euros.

4.5. Experimento de Investigación

Como colofón final al presente Trabajo de Fin de Máster, el pasado día 2 de septiembre de 2011 se participó un experimento con la finalidad última de contar con una publicación en revistas de reconocido prestigio internacional dentro del ámbito del *technology enhanced learning*. Este experimento se realizó dentro de la Jornada de Acogida a alumnos de nuevo ingreso celebrada en la ETSIT de la URJC, y dada la cercanía de su realización a la fecha máxima de entrega de esta memoria para su presentación y defensa, no se podrá realizar un análisis exhaustivo de los resultados cosechados en dicho experimento. No obstante, en esta sección se expondrá el objetivo y naturaleza del experimento.

Dicho experimento, como se ha indicado, se ha realizado durante la jornada de presentación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos a los alumnos de nuevo ingreso en los cinco grados que dependen de dicha escuela actualmente. En esta jornada recibió a una cifra aproximada de 90-100 alumnos. En años anteriores, la tónica habitual en estas jornadas fue que tras la bienvenida y presentación por parte del Director de la ETSIT, los nuevos alumnos fuesen distribuidos a lo largo de diferentes grupos y guiados por algunos de los profesores de dicha Escuela por las diferentes instalaciones del campus.

En esta ocasión, y como parte del experimento, se puso en marcha una comparativa entre un total de tres metodologías diferentes para realizar esta misma tarea, de una manera similar a la trabajada en [Perez-Sanagustín:2011]. Así, los alumnos de nuevo ingreso fueron distribuidos de manera aleatoria en un total de tres grupos homogéneos. Cada uno de estos tres grupos recorrió el campus (edificios e instalaciones, servicios como cafetería, biblioteca, gimnasio o secretaría de alumnos, etc.), e intentando dar a conocer algunos aspectos básicos de una manera muy superficial como la estructura de la ETSIT (cargos y jerarquía dentro de la Escuela, departamentos, profesores, etc.). Así, las metodologías de aprendizaje empleadas para mostrar el campus fueron las siguientes:

- **Metodología tradicional.**

El primer grupo de unos treinta alumnos, y distribuidos en grupos más pequeños, fueron guiados por diferentes profesores recorriendo los puntos de principal relevancia dentro del campus y ofreciendo diversas explicaciones e indicaciones de una manera tradicional.

- **Metodología basada en *e-Adventure*.**

Otro grupo de unos treinta alumnos, fue llevado a un laboratorio con equipos informáticos donde de manera individual por parte de cada alumno, empleó una aventura gráfica creada con *e-Adventure* a modo de mundo virtual, en el cual se mostraban representados por medio de fotografías diferentes localizaciones del campus cuyas peculiaridades debieron descubrir interaccionando dentro de este videojuego.

- **Metodología basada en *m-Gymkhana*.**

El último grupo de unos treinta alumnos, utilizó una *m-gymkhana* con móviles *Android* diseñada para la ocasión, de tal modo que distribuidos en subgrupos de cinco alumnos contaron con un *smart-phone* con el que recorrer y descubrir *in situ* y de manera autónoma el campus sin apoyo de docentes.

Tras la finalización de las diferentes actividades, todos los alumnos fueron convocados para la cumplimentación de una encuesta en la que evaluar la metodología de aprendizaje empleada para conocer la universidad.

Una vez en poder de los resultados de la encuesta, este experimento va a hacer posible la evaluación de estas tres metodologías de enseñanza desde múltiples prismas (además de por supuesto, evaluar el propio nivel de aprendizaje obtenido en base a cada metodología), estudiándose los pros y los contras de todos y cada uno de ellos, como pueden ser el esfuerzo en cuanto a tiempo dedicado a la preparación de cada tipo de actividad, el coste económico de cada una y también el coste en cuanto a número de recursos humanos, la facilidad o no en términos de disponibilidad para poder contar con una actividad en concreto, así como la inmersión e implicación en la actividad y tarea que cada alumno podría tener, además de por ejemplo, el nivel de socialización y trato con otros compañeros de estudios. Así, por poner un ejemplo, cabe esperar que *a priori*, la metodología tradicional cuente con un esfuerzo de preparación previa nulo dado que el docente ya conoce a la perfección todo aquello que debe mostrar y explicar, al mismo tiempo que no tendrá coste económico alguno, pues tan sólo se requiere de varios profesores de la ETSIT con ganas de realizar esta visita guiada a modo de monitor; por otro lado, en esta misma metodología cabe esperar que un grupo muy nutrido de alumnos cuente con un trato poco personalizado o incluso que su nivel de interés decaiga rápidamente, ya que se podría dar el caso de que por ejemplo, ni siquiera consiga escuchar o ver aquello que se muestra dado el número de alumnos en el grupo, claro que esto siempre se podría solucionar introduciendo más profesores, con lo que aumentaría el coste en recursos humanos.

En definitiva, con este experimento también se pretende dejar de manifiesto aquellos aspectos que se pueden entender de una manera intuitiva, pero que es necesario demostrar empíricamente y así conocer las ventajas y desventajas que presentan las metodologías tradicionales y la inmensa variedad de posibilidades que presenta la tecnología y más concretamente el *e-learning*, todo ello de primera mano y en base a la experiencia vivida por unos alumnos que ya pertenecen a una generación de nativos digitales que han crecido con ordenadores y demás artilugios a su lado.

Toda la información generada y recavada será accesible de manera pública, así como un análisis de resultados, en la página *web* del proyecto.

Capítulo 5

Conclusiones y Futuras Líneas de Trabajo

5.1. Conclusiones

El presente Trabajo de Fin de Máster partía con un primer objetivo muy ambicioso a la par que complejo, como es la promoción y creación de una comunidad de usuarios alrededor de un proyecto de *software*, y más concretamente, un proyecto de *software* libre orientado al *m-learning*. Sin duda alguna, el grado de dificultad para alcanzar este objetivo resulta prácticamente imposible de cuantificar, dado que una vez establecido, es imposible conocer el grado de alcance que se iba a conseguir en la aplicación. A todo esto se puede añadir el hecho de que en este proyecto, no se cuenta con un equipo de trabajo numeroso tal y como suele ser habitual en otros proyectos de investigación conocidos en otras universidades, además de no contarse con profundos conocimientos previos en estas tareas más allá de los que se presuponen al perfil de un tecnólogo. Y por otro lado, la peculiaridad del proyecto hace que esta promoción se haya realizado de manera pionera dentro de universidades y en el campo del *m-learning*, dado que el sistema integra un componente servidor destinado a los organizadores de las *m-gymkhanas*, y un componente aplicación final para los participantes en ellas. A esto también se puede sumar la dificultad adicional que entraña el hecho de que se trate de un proyecto de vanguardia en el que se necesita contar con *smartphones* de última generación con conexión de datos, cosa ni mucho menos tan común a día de hoy como lo es el uso de ordenadores con acceso a Internet en todos los hogares, universidades, y cada vez en mayor medida también en institutos de educación secundaria y colegios.

No obstante, siempre se ha tenido presente que la idea de convertir la aplicación *Android* un *hit* dentro del *Android Market* era prácticamente una quimera al no tratarse de la típica aplicación media que suele alcanzar estos logros, y por no contar al mismo tiempo con suficientes contenidos en la base de datos y accesibles desde la aplicación cliente final (es decir, *m-gymkhanas* que cualquier usuario pudiera jugar desde cualquier lugar del mundo). Pero en cualquier caso, se debe estar satisfecho con el grado de visibilidad que se ha otorgado al proyecto durante este tiempo, haciendo que se convierta en una actividad con la que siempre se cuenta entre los eventos organizados dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Rey Juan Carlos, en su mayoría dentro de iniciativas europeas y de la Comunidad de Madrid. Al mismo tiempo, se ha conseguido tener cierta relevancia para el resto de las universidades de la Comunidad de Madrid por medio de la red de excelencia *eMadrid*, lo que ha permitido acelerar sobremanera el proceso de dar a conocer el proyecto dentro de los ámbitos de investigación locales en esta materia. Y además, a medida que pasa el tiempo, cada vez de una manera más frecuente, diferentes contactos muestran su interés en el sistema desde diferentes puntos de vista y movidos por muy diversas razones.

En cualquier caso, no por la complejidad y dificultad de lograr este objetivo se debe mostrar cierto conformismo con los resultados obtenidos, puesto que es innegable que hubiese gustado tener un mayor número de personas haciendo uso del sistema y organizando actividades con el mismo por su propia cuenta, conseguir algún desarrollador que de manera altruista quisiera colaborar en el proyecto de alguna manera, mayor número de descargas en el *Android Market*, etc. Es el momento de comenzar un período de reflexión y análisis sobre aquellos puntos que se pueden mejorar, aquellas líneas que es preferible abandonar, o aquellos otros aspectos que deben tenerse en consideración de ahora en adelante e incidir sobre ellos. Sin ir más lejos, y tras la interacción con personas interesadas en el campo durante las diferentes conferencias y talleres en los que se ha presentado el proyecto, se puede entender que un handicap del sistema reside en el hecho de contarse con un portal *web* a modo de herramienta propietaria, cuando sería conveniente integrarlo en alguna otra plataforma de uso extendido como pueda ser *Moodle*, y con ello se eliminaría de raíz la mezcla de temor y pereza ante una nueva herramienta educativa más y que puede ser un importante motivo de rechazo por parte de docentes.

Por otro lado, se puede decir que durante este período la herramienta ha sido depurada hasta alcanzar un grado de madurez y robustez técnica considerable, lo cual no implica que se encuentre libre de errores. Además, las funcionalidades del sistema se han ampliado considerable-

mente, haciendo que la herramienta sea ahora mucho más rica en la presentación de contenidos, contando por ejemplo con una mayor variedad de retos y diferentes posibilidades mediante lo cual se puede evitar la caída en la monotonía, y con la potencia para combinar entre sí todas esas posibilidades. También se ha realizado un gran esfuerzo que sigue aún en curso a la finalización de la escritura de esta memoria, con tal de formalizar la herramienta dentro del campo de investigación del *technology enhanced learning*, y con tal de aportar al proyecto el rigor científico exigido, siendo la mejor muestra de todo ello el experimento de investigación presentado como broche final del capítulo anterior. Con este experimento, del cual se espera obtener un artículo en alguna publicación de impacto internacional, se pretende realizar un estudio sobre diferentes hipótesis de trabajo, tales como la ya aparentemente demostrada hipótesis de que la tecnología puede mejorar sobremanera los procesos de aprendizaje, o el hecho de que el mundo virtual *low cost* que puede llegar a establecerse sobre el mundo real y un nivel de abstracción adicional gracias al proyecto aquí presentado como apuesta y quintaesencia del paradigma *Learning by Doing*, puede resultar mucho más provechoso en entornos educativos que la creación de mundos virtuales y videojuegos con la misma finalidad y sobre los cuáles se está dedicando mucho tiempo y esfuerzo en diferentes grupos de investigación dentro del área y distribuidos por todo el mundo.

5.2. Futuras Líneas de Trabajo

La lista de posibles trabajos futuros que complementen y mejoren el resultado final de este Trabajo Fin de Máster es inagotable. Entre los más destacados se encuentran los siguientes:

- Continuar haciendo hincapié en la consecución de una comunidad de usuarios (tanto a nivel de participantes en *gymkhanas* y personas que descargan la aplicación en su terminal móvil, como de organizadores de este tipo de eventos). Para ello, además de continuar promocionando la aplicación como se ha hecho hasta el momento, se podrá buscar el uso de otras plataformas tecnológicas:
 - El desarrollo de una aplicación móvil basada en *HTML5* (para lo cual se podría comenzar estudiando *frameworks* ya existentes como *PhoneGap* y *Titanium*) permitiría un alcance de la aplicación cliente a un número de usuarios mucho mayor, puesto que no se tendría la restricción de disponer de una aplicación móvil destinada únicamente a terminales *Android*, sino

que sería ejecutable sobre todo tipo de *smartphones* (*iPhone*, *BlackBerry*, *Windows Phone*, etc.) y *tablets*, y sin que por ello se transgreda la filosofía subyacente en todo momento dentro del proyecto, es decir, la apuesta por el *software* libre. Esto mismo además podría impulsar una mayor facilidad a la hora de organizar *gymkhanas* móviles educativas, puesto que el docente, presumiblemente, tendría una mayor facilidad para contar con un número razonable de dispositivos para emplear en la actividad.

- La integración del portal *web* para la creación y gestión de *m-gymkhanas* como un nuevo módulo dentro del ya de por sí modular *Moodle 5*. En este caso el efecto deseado sería más bien de índole psicológica, puesto que se estaría entregando al docente una nueva funcionalidad parte de una herramienta como *Moodle* con la que está plenamente familiarizado. Con ello se eliminaría ese cierto recelo y pereza que suele implicar el tener que conocer una nueva herramienta, aprender a utilizarla, etc.
- Facilitar y agilizar la creación de *gymkhanas* móviles, tal que de una manera prácticamente automática, se pudieran generar *gymkhanas ad-hoc*, ofreciéndose un sencillo esqueleto como punto de partida y a completar por el docente. Igualmente se podrán tomar otras *m-gymkhanas* previamente creadas a modo de plantillas sobre las cuales se puedan introducir cambios, o incluso, simplemente utilizarlas como un clon. Esta misma línea futura se correspondería de una manera transversal con la ya comentada integración de la plataforma de gestión de *m-gymkhanas* como un módulo de *Moodle*, de tal modo que se facilitaría al educador la organización de estas actividades gracias a que estaría utilizando una herramienta ampliamente extendida y conocida.
- Explorar las posibilidades del sistema desarrollado como una manera de configurar un mundo virtual *low cost*. El hecho de tratarse de un mundo virtual *low cost* residiría en el hecho mismo de que no sería necesario construir un mundo virtual como tal, dado que ese mundo nacería de la propia mente de los alumnos y estimulado por la abstracción introducida tanto por el docente como por la materia objeto de estudio y aprendizaje. Además, dentro de este mundo virtual *low cost*, también será interesante explotar las posibilidades para que un alumno pueda recorrer caminos alternativos y diferentes a los del resto de alumnos y/o grupos participantes en la *m-gymkhana*, de tal manera que sea llevado por aquellas zonas del juego en las que se puedan reforzar los aspectos de la materia objeto de estudio que cada alumno/grupo más necesite repasar,

incidir, etc.

- Ahora que el proyecto ha alcanzado una madurez tecnológica aceptable, así como supone una herramienta rica y variada en posibilidades de presentación de contenidos y diferentes formas de evaluación y retos, comienza a ser necesario, especialmente para su uso formal en entornos de investigación en *technology enhanced learning*, su formalización como herramienta para el *m-learning*. Este trabajo ya se ha iniciado a la finalización del presente Trabajo de Fin de Máster, como demuestran algunas líneas de trabajo abiertas y basadas por ejemplo en la elaboración de informes para el profesorado que tras un debido tratamiento estadístico de todas las respuestas e información registrada en el sistema durante una *m-gymkhana*, le ofrezca un completo *feedback*, tanto del grado de aprovechamiento de la actividad por parte de los estudiantes, como de la calidad de la propia actividad. E igualmente, se ha participado en un experimento de investigación de gran envergadura contando con un número aproximado de entre 90 y 100 alumnos y con el que a falta de un análisis pormenorizado de resultados, se pretende validar ciertas hipótesis de partida con interés dentro del campo del *technology enhanced learning* y para su posterior publicación.

Bibliografía

- [PostgreSQLWebSite] *Inf. téc.*, Sitio oficial de *PostgreSQL*, <http://www.postgresql.org/>. Última fecha de consulta: enero 2010.
- [AndroidDeveloper] *Inf. téc.*, Sitio oficial de *Android* para desarrolladores (descarga de *SDK*, tutoriales, *API*, etc.), <http://developer.android.com/>. Última fecha de consulta: abril 2010.
- [EclipseWebSite] *Inf. téc.*, Sitio oficial de *Eclipse*, <http://eclipse.org>. Última fecha de consulta: octubre 2009.
- [HTCDream] *Inf. téc.*, Especificaciones técnicas de *HTC Dream*, <http://www.htc.com/www/product/dream/specification.html>. Última fecha de consulta: abril 2010.
- [HTCMagic] *Inf. téc.*, Especificaciones técnicas de *HTC Magic*, <http://www.htc.com/www/product/magic/specification.html>. Última fecha de consulta: abril 2010.
- [JSONWebSite] *Inf. téc.*, Sitio oficial de *JSON*, <http://json.org>. Última fecha de consulta: marzo 2010.
- [NexusOne] *Inf. téc.*, Especificaciones técnicas de *Nexus One Phone*, <http://www.htc.com/www/product/nexusone/specification.html>. Última fecha de consulta: abril 2010.
- [Albers:2001] M. J. Albers y L. Kim, “Information Design for the Small-Screen Interface: An Overview of Web Design Issues for

- Personal Digital Assistants.” *Technical Communications*, 49, 45–60, 2001.
- [Aldrich:2001] C. Aldrich, “Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games and Pedagogy in e-Learning and Other Educational Experiences.” *John Wiley and Sons*, 9 (5), 159, 2005.
- [Andersson:2006] E. Andersson, P. Greenspun, y A. Grumet, *Software Engineering for Internet Applications*, The MIT Press (online at <http://philip.greenspun.com/seia/>), March 2006, ISBN 9780262511919.
- [Behlendorf:1999] B. Behlendorf, *Open Source as a Business Strategy (in Open Source: Voices from the Open Source Revolution)*, O’Reilly, January 1999, ISBN 1565925823.
- [Latorre:2006] A. L. Beltrán, *Bases Metodológicas de la Investigación Educativa*, Experiencia, 2006, ISBN 8493288381.
- [Blondeel] S. Blondeel, *Whether and How To Publish Software Under an Open Source License*, <http://publish.idealx.org/>, Inf. téc..
- [W3CCSS21] B. Bos, T. Çelik, I. Hickson, y H. W. Lie, *Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification*, <http://www.w3.org/TR/CSS21/>, Inf. téc., W3C, World Wide Web Consortium, September 2009. Última fecha de consulta: diciembre 2009.
- [Burnette:2008] E. Burnette, *Hello, Android: Introducing Google’s Mobile Development Platform*, 1st Ed., Pragmatic Bookshelf, December 2008, ISBN 9781934356173.
- [Churchill:2006] D. Churchill y J. Hedberg, “Learning object design considerations for small-screen handled devices.” *Technical Communications*, 50, 881–893, 09/2006 2001.

- [RFC4627] D. Crockford, *RFC4627 - The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON)*, *Inf. téc.*, Network Working Group, *IETF* (Internet Engineering Task Force), July 2006.
- [Miguel-Castaño:1999] A. de Miguel-Castaño, M. Piattini, y E. Marcos, *Diseño de Bases de Datos Relacionales*, Ra-Ma, 1999, ISBN 8478973850.
- [Eguíluz-Pérez:2007] J. Eguíluz-Pérez, *Introducción a AJAX*, online at <http://www.librosweb.es/ajax>, June 2008.
- [RFC2616] R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, y T. Berners-Lee, *RFC2616 - Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1*, *Inf. téc.*, Network Working Group, *IETF* (Internet Engineering Task Force), June 1999.
- [Holovaty:2006] A. Holovaty y J. Kaplan-Moss, *The Django Book. Web Framework for Python*, online at www.djangobook.com, 2006, ISBN 9781590597255.
- [Holovaty:2007] A. Holovaty y J. Kaplan-Moss, *The Definitive Guide to Django: Web Development Done Right*, Apress, December 2007, ISBN 9781590597255.
- [Lavín:2008] P. Lavín-Mera, P. Moreno-Ger, y B. Fernández-Manjón, "Development of educational videogames in m-Learning contexts.", en *Second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning*, IEEE, IEEE, 2008.
- [Lutz:2006] M. Lutz, *Programming Python*, 3rd Ed., O'Reilly, 2006, ISBN 9780596009250.
- [Meier:2008] R. Meier, *Professional Android Application Development*, Wrox, November 2008, ISBN 9780470344712.
- [Moreno-Ger:2008] P. Moreno-Ger, D. Burgos, I. Martínez-Ortiz, J. L. Sierra, y B. Fernández-Manjón, "Educational game design for

- online education.” *Computers in Human Behavior*, 2008.
- [Márquez-García:1996] F. M. Márquez-García, *UNIX. Programación Avanzada*, 2nd Ed., Ra-Ma, 1996, ISBN 8478972390.
- [Naughton:1996] P. Naughton, *Manual de Java*, Osborne/McGraw-Hill, 1996, ISBN 8448106938.
- [Pimpler:2009] E. Pimpler, *Mashup Mania with Google Maps*, GeoSpatial Training Services, LLC (*online at <http://geochalkboard.files.wordpress.com/2009/01/google-maps-pdf-article-v51.pdf>*), January 2009.
- [PrenskyGameBased:2001] M. Prensky, *Digital Game-Based Learning*, McGraw-Hill, 2001.
- [PrenskyDigitalNatives:2001] M. Prensky, “Digital Natives, Digital Immigrants.” *From On the Horizon*, 9 (5), 159, 10/2001 2001.
- [Perez-Sanagustín:2011] M. Pérez-Sanagustín, G. Ramírez-González, D. Hernández-Leo, M. Muñoz-Organero, P. Santos, J. Blat, y C. D. Kloos, “Discovering the campus together: A mobile and computer-based learning experience.” *Journal of Network and Computer Applications*, 2011.
- [Richardson:2007] L. Richardson y S. Ruby, *RESTful Web Services*, O’Reilly, 2007, ISBN 9780596529260.
- [Robles:2011] G. Robles, J. M. González-Barahona, y J. Fernández-González, “Implementing Gymkhanas with Android Smartphones: a Multimedia M-Learning Game.”, en *IEEE Engineering Education 2011 (EDUCON)*, IEEE Education Society, IEEE Education Society, Amman, Jordan, 04/2011 2011.
- [RoblesLibreSoftware:2011] G. Robles, J. M. González-Barahona, y J. Fernández-González, “New Trends from Libre Software that May Change

- Education.”, en *IEEE Engineering Education 2011 (EDUCON)*, IEEE Education Society, IEEE Education Society, Amman, Jordan, 04/2011 2011.
- [Román-López:2009] R. Román-López, “Localización de Dispositivos Móviles para Redes Sociales Dinámicas.”, en *Proyecto Fin de Carrera*, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, Spain, July 2009.
- [Selfa:2006] D. Selfa, M. Carrillo, y M. D. R. Boone, “A Database and Web Application Based on MVC Architecture.” *Electronics, Communications and Computers, 2006. CONIELECOMP 2006. 16th International Conference on*, 48–48, 2006.
- [Sinnott:1984] R. W. Sinnott, “Virtues of the Haversine.” *Sky and Telescope*, 68 (2), 159, 1984.
- [Torrente:2010] J. Torrente, Ángel del Blanco, E. J. Marchiori, P. Moreno-Ger, y B. Fernández-Manjón, “<e-Adventure>Introducing Educational Games in the Learning Process.”, en *IEEE Engineering Education 2010 (EDUCON) - The Future or Global Learning Engineering Education*, IEEE Education Society, IEEE Education Society, 04/2010 2010.
- [Watkins:2005] R. Watkins, *75 e-Learning activities making online learning interactive*, Pfeiffer, 2005, ISBN 0787975850.
- [Yujian:2007] L. Yujian y L. Bo, “A Normalized Levenshtein Distance Metric.” *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 29 (6), 1091–1095, 2007.