

MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA GRUPOS DOCENTES
CURSO 2013/2014

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. *Título del Proyecto:* Innovación educativa en la docencia de la Teoría Cuántica en el Grado de Física

2. *Código del Proyecto:* 2013-12-2017

3. *Resumen del Proyecto*

El desarrollo del presente proyecto, ha permitido continuar con la aplicación de un nuevo método de enseñanza en las asignaturas de Física Cuántica I y II y Mecánica Cuántica del nuevo Grado de Física. Este nuevo método utiliza diversos recursos pedagógicos, entre los que se encuentran: el uso de simulaciones mediante aplicaciones informáticas utilizando el lenguaje JAVA, desarrollo de una página Web sobre la teoría cuántica y visitas a centros de investigación y empresas relacionadas con las asignaturas. Los resultados de las distintas actividades se publican en la página Web <http://www.uco.es/hbarra>, de modo que toda la comunidad universitaria se pueda beneficiar de la experiencia.

En la página hay ya más de 50 aplicaciones en JAVA, que se encuentran a disposición de los alumnos, así como diversos artículos sobre la teoría cuántica redactados por los alumnos. En el viajes de estudios, se ha visitado el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, el Centro Nacional de Aceleradores y el Centro Nacional de Microelectrónica que el CSIC tiene en la Isla de la Cartuja.

4. *Coordinador/es del Proyecto*

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente
José Ignacio Fernández Palop	Física	082

5. *Otros Participantes*

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Tipo de Personal
Jerónimo Ballesteros Pastor	Física	082	Catedrático de Universidad

6. *Asignaturas implicadas*

Nombre de la asignatura	Titulación/es
Física Cuántica I	Grado de Física
Física Cuántica II	Grado de Física
Mecánica Cuántica	Grado de Física

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA GRUPOS DOCENTES

Especificaciones

Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de **DIEZ** páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran generado documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de éstos.

Apartados

1. Introducción (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas, etc.).

Los Proyectos de Innovación Educativa para Grupos Docentes que se han concedido durante los últimos cursos, están permitiendo desarrollar una serie de actividades, que mejoran de forma sensible la enseñanza y el aprendizaje de la teoría cuántica en las asignaturas de Física Cuántica I y II y Mecánica Cuántica del nuevo Grado de Física. La Teoría Cuántica es una de las disciplinas más importantes dentro de los estudios de Física y a la que se dedica un mayor número de créditos, ya que en ella se basan la mayor parte de las asignaturas que se estudian a partir del segundo curso del grado. Todos los esfuerzos que se realicen para mejorar el aprendizaje de la teoría cuántica reverterán en una mejora del aprendizaje del resto de las disciplinas impartidas en los estudios del grado. El desarrollo de este proyecto y de los anteriores está permitiendo dotar al aprendizaje de la teoría cuántica de nuevas herramientas pedagógicas que se adecuan a los métodos promovidos por el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. Entre los métodos pedagógicos que se han desarrollado a lo largo de la ejecución del proyecto y tal como se describió en la memoria de solicitud, se encuentran las simulaciones desarrolladas en el lenguaje de programación JAVA, la redacción de artículos relacionados con la teoría cuántica y las visitas a empresas y centros de investigación relacionados con la teoría cuántica.

También gracias al desarrollo de estos proyectos, disponemos de una página Web dedicada a la teoría cuántica que contiene cada vez mayor información: artículos sobre la teoría cuántica, simulaciones en JAVA, apuntes, vídeos, etc. La página ha recibido más de 50.000 visitas de todo el mundo durante el pasado curso académico. Este hecho nos permite afirmar que el desarrollo del proyecto es de interés, no solo para los alumnos de Física de la Universidad de Córdoba, sino para toda la comunidad universitaria, de modo que nuestra Universidad se convierte en un ejemplo de cómo se puede acercar la ciencia a todo el que se interese por ella.

2. Objetivos (concretar qué se pretendió con la experiencia).

Entre los objetivos generales del proyecto, se pretendió adecuar las tres asignaturas, Física Cuántica I y II y Mecánica Cuántica, del grado de Física al nuevo sistema de transferencia de créditos europeos, mediante: trabajo individual y colectivo paralelo a las sesiones teóricas, seminarios, visitas a otros centros, participación en foros, construcción de un Blog y en general con un trabajo fuera del aula, para potenciar la adquisición de las competencias TUNING, tanto transversales como longitudinales, según propugna el EEES.

El resto de los objetivos específicos que se persiguieron fueron:

- Desarrollar nuevas aplicaciones en JAVA que permitan completar la colección y cubrir así los temarios de las tres asignaturas de cuántica.

- Estudiar si los alumnos asimilan de forma adecuada los conceptos que se hayan impartido mediante el uso de las simulaciones desarrolladas por los profesores, para lo cual se propondrá a los alumnos una actividad completa que tendrán que desarrollar mediante las simulaciones y entregar los resultados obtenidos, así como el análisis de los mismos. También se pedirá a los alumnos que realicen una crítica de las simulaciones que permita una mejora de las mismas.
- Promover el trabajo tanto individual como colectivo desarrollando aplicaciones sencillas, lo cual es esencial, tanto para la tarea investigadora que puedan realizar los alumnos en un futuro, como si desarrollan su profesión en una empresa.
- Analizar si los alumnos son capaces de redactar correctamente un artículo sobre algún tema de actualidad relacionado con la teoría cuántica para publicarlo en el Blog.
- Enseñar a los alumnos a utilizar buscadores de noticias sobre temas de actualidad de ciencias de los que puedan obtener información para la redacción de los artículos.
- Vincular al alumnado con la universidad cuando se encuentra fuera de ésta, mediante la página Web sobre teoría cuántica donde se colocan tanto las aplicaciones desarrolladas como los artículos.
- Mostrar a los alumnos las aplicaciones tecnológicas de la teoría cuántica, mediante visitas a centros de investigación y empresas que utilicen técnicas de análisis o producción relacionadas con dicha teoría.
- Acercar a los alumnos al mundo laboral mediante las visitas a centros de investigación y empresas.
- Mostrar a los alumnos la pluralidad de puntos de vista de la teoría cuántica mediante visitas de profesores de otros centros.
- Seguir desarrollando y actualizando la página Web sobre teoría cuántica, de modo que toda la comunidad universitaria pueda tener un acercamiento a esta extraña disciplina de la física.
- Publicar los resultados obtenidos en esta experiencia, de modo que sean de dominio público y que el resto de la comunidad científica los puedan aprovechar.

3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle qué se ha realizado en la experiencia).

El proyecto se ha desarrollado de forma paralela al curso académico y a la impartición de las asignaturas de Física Cuántica I y II y Mecánica Cuántica, de tercer y cuarto curso del Grado de Física. Debido a que este proyecto es una continuación de otros que se han desarrollado durante los cursos anteriores, partíamos ya de parte del material y de una experiencia que se ha podido utilizar directamente durante este curso. El material de que se disponía era un conjunto de aplicaciones/simulaciones desarrollados en lenguaje JAVA, material para desarrollar algunas experiencias de cátedra y una página Web, administrada mediante el gestor de contenidos Joomla y alojada en los servidores de la UCO. La página Web dispone de distintos apartados que se han utilizado durante el proyecto: Blog, servidores de noticias, applets en JAVA, apuntes, etc.

A principio de curso se informó a los alumnos sobre el contenido del proyecto y sobre cómo se iba a desarrollar. Los alumnos mostraron su interés desde el principio y han colaborado a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

Como durante el desarrollo del proyecto se han desarrollado diversos recursos pedagógicos, dividiremos este epígrafe de acuerdo con dichos recursos.

Aplicaciones/simulaciones en JAVA

Durante este curso se han utilizado las aplicaciones en JAVA desarrolladas durante los cursos anteriores. Estas aplicaciones se han utilizado de diversas formas que se describirán a continuación.

- La primera forma ha consistido en su utilización durante la impartición de las clases. Las aplicaciones JAVA han permitido ilustrar distintos fenómenos de la teoría cuántica, ya que estas aplicaciones permiten ver los resultados de un determinado experimento y modificar los parámetros del

experimento. Por tanto, permiten variar las condiciones físicas y analizar el resultado que se obtiene en tiempo real, durante la explicación del fenómeno físico en cuestión.

- La segunda forma ha consistido en desarrollar sesiones de trabajo en torno a una aplicación. Se pedía a los alumnos que simulasen un determinado fenómeno físico utilizando las aplicaciones. Variando las condiciones del experimento iban anotando los resultados obtenidos. Estos resultados se analizaban posteriormente utilizando el programa de hoja de cálculo Excel. Este programa permite presentar los resultados en forma gráfica y realizar análisis estadísticos.
- La tercera forma ha consistido en que los alumnos realizasen la simulación y la tarea correspondiente en sus casas. Como las aplicaciones se han desarrollado en el lenguaje de programación JAVA y como se encuentran alojadas en una página Web, se puede acceder a ellas mediante cualquier ordenador que se encuentre conectado a Internet. Se pedía a los alumnos que entregasen un trabajo escrito con los resultados obtenidos.

Durante el desarrollo de estas actividades, ha sido crucial el uso de las Aulas de educación interactiva de las que dispone la Facultad de Ciencias, y sin las cuales hubiera sido imposible desarrollar las actividades.

Desarrollo de la página Web de las asignaturas



Otro de los recursos pedagógicos utilizados ha sido el desarrollo y uso de la página Web de las asignaturas (<http://www.uco.es/hbarra>). Los alumnos han participado de forma activa en el desarrollo de la página Web redactando artículos que se han publicado en forma de Blog.

Semanalmente, el profesor responsable de las asignaturas encargaba a un alumno la redacción de un artículo relacionado con la asignatura. Para la elección del tema los alumnos disponen en la página de varios servidores de noticias (<http://www.uco.es/hbarra/index.php/servidores>: Science Daily, Physics APS, Nature Physics, etc) en los que pueden encontrar información sobre las novedades en la investigación de la teoría cuántica. El alumno dispone de una semana para entregar el artículo por correo electrónico al profesor. Una vez que el profesor lo ha recibido, lo corrige y si el artículo tiene cierta calidad se publica en el Blog. De esta forma los alumnos ven que su trabajo ha servido para el beneficio del resto de los compañeros y de toda la comunidad universitaria. La redacción de artículos se considera también para la calificación de la asignatura. Como la sección de la página en la que se publican los artículos tiene estructura de Blog, el resto de alumnos puede hacer comentarios sobre los artículos publicados.

Visita

El viernes 23 de mayo, realizamos un viaje de estudios a Sevilla para visitar diversos centros de investigación en los que los alumnos pueden desarrollar su actividad profesional una vez concluidos sus estudios de Física en la Universidad de Córdoba. Este viaje se realiza junto a los alumnos que participan en el proyecto 2013-12-2005 que coordina el profesor Antonio Gamero Rojas. Dentro de las actividades programadas para el desarrollo de ambos proyectos, el viaje de estudios tiene como finalidad el que los alumnos conozcan diversos centros en los que se aplica de forma directa parte de lo que aprenden en su formación como Físicos, así como las salidas profesionales del grado de Física.

En primer lugar visitamos el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, situado en la Isla de la Cartuja. Este instituto está formado por grupos de investigación del CSIC y de la Universidad de Sevilla. Este instituto tiene especial interés ya que en el próximo curso comienza la impartición de un máster titulado Plasma, Láser y Tecnologías de Superficie, en el que participan tanto el Instituto de Materiales como nuestra Universidad. Dentro del instituto tuvimos en primer lugar una presentación en la que uno de los investigadores expuso las distintas líneas que se desarrollan dentro del instituto. A continuación visitamos diversos laboratorios y los alumnos pudieron ver distintos experimentos para dotar a una superficie de unas determinadas características, así como la instrumentación que permite analizar la superficie tratada. Los alumnos pudieron preguntar dudas que fueron respondidas por los investigadores del centro.

En segundo lugar, visitamos el Centro Nacional de Aceleradores (CNA). Esta instalación, que también se encuentra situada en la Isla de la Cartuja, incorpora uno de los experimentos de mayores dimensiones de los que se encuentran en Andalucía y que consiste en un acelerador lineal mediante un Tándem Van de Graaf de 3MW. El instituto también dispone de un Ciclotrón, que no pudimos visitar por motivos de seguridad, e infraestructuras para estudios biomédicos de la radiación. El CNA tiene previstas las visitas de alumnos y personal formado para atender las visitas y explicar en detalle todos los experimentos que se realizan en el centro. La investigación desarrollada tiene múltiples aplicaciones, tanto en el análisis de materiales, como en biomedicina. Los alumnos quedaron impresionados de ver la calidad de la investigación que se desarrolla en nuestra región y las instalaciones de las que disponemos, que son poco conocidas.

Después de la visita al CNA fuimos a comer al comedor universitario de la Facultad de Comunicación. Durante la comida pudimos disfrutar de un ambiente distendido en el que pudimos recuperar fuerzas para la visita que nos esperaba después.

La última visita que realizamos fue a las instalaciones que el Centro Nacional de Microelectrónica que el CSIC tiene en la Isla de la Cartuja. Este instituto está especializado en el diseño y test de circuitos integrados analógicos, digitales y de señal mixta (analógica y digital) fundamentalmente en tecnologías CMOS. Tanto en esta visita como en las anteriores, el grupo de alumnos se dividió en varios subgrupos para así poder ser atendidos de forma adecuada en grupos más reducidos. Recibimos una charla sobre los distintos grupos de investigación que hay en el centro y visitamos los laboratorios. Parte de los laboratorios están dedicados a

testear distintos dispositivos microelectrónicos. Nos explicaron las medidas de seguridad que tienen en el instituto y pudimos ver material de laboratorio de gran precisión, como generadores de señales, analizadores de espectros, osciloscopios digitales, una cámara anecoica para el estudio de los diagramas de emisión de antenas, etc.

Después de esta última visita, el autobús nos llevó de vuelta a Córdoba. Llegamos sobre las 7 de la tarde, cansados pero satisfechos con la intensidad de las visitas. Los alumnos aprovecharon muy bien el viaje y pudieron ver algunas de las puertas que se les abrirán en unos años para poder desarrollar su carrera profesional como físicos.



4. Materiales y métodos (describir el material utilizado y la metodología seguida).

Para el desarrollo de las aplicaciones JAVA se ha utilizado el programa de dominio público Easy Java Simulations (EJS), desarrollado por el profesor Francisco Esquembre, de la Universidad de Murcia, y que está expresamente diseñado para desarrollar simulaciones de procesos físicos. Este programa se encuentra descrito en el libro escrito por el propio Francisco Esquembre y citado en el apartado de Bibliografía..

Para toda la gestión de la página Web y el alojamiento de las aplicaciones desarrolladas en JAVA, se ha utilizado el gestor de contenidos Joomla. Este gestor permite controlar de forma sencilla el aspecto de la página y añadir y gestionar el material que se va elaborando. Entre los módulos que se pueden colocar dentro de la página gestionada con Joomla se encuentran los servidores de noticias RSS. Estos servidores proporcionan noticias actuales sobre diversos temas y son utilizados los alumnos para obtener información para la redacción de los artículos que se colocan en el Blog de la página. Como la página principal tiene la estructura de Blog, admite que los visitantes puedan colocar comentarios de opinión sobre los artículos. La página dispone de otros módulos que ayudan a obtener información útil para los alumnos como enlaces a otras páginas, buscadores (tanto de Web como dentro de la propia página), etc.

Otra herramienta que hemos utilizado, y que se describirá con más detalle más adelante, es el entorno público Google Analytics, que permite obtener una información muy rica sobre las visitas que recibe la página.

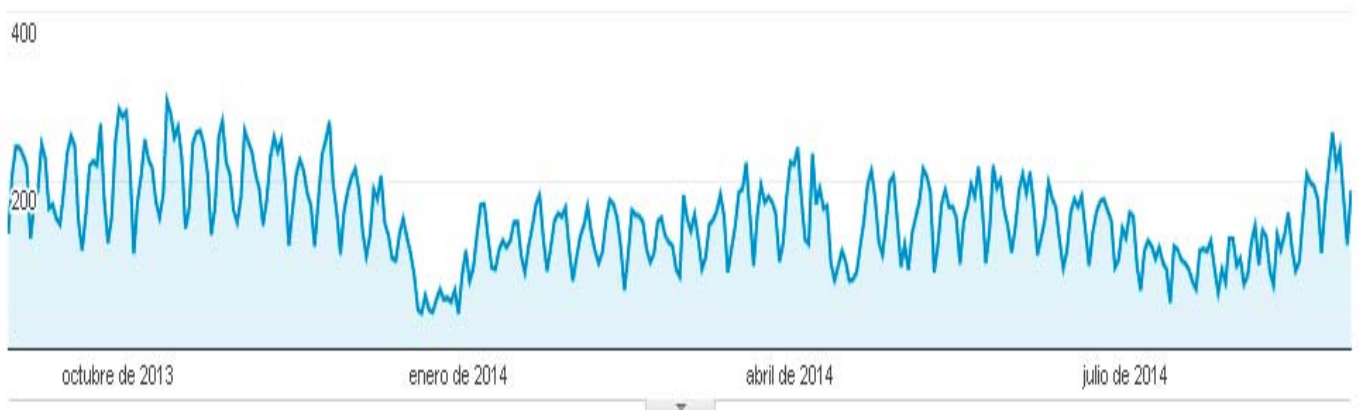
5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad).

La mayor parte del material que se ha descrito en los apartados anteriores de la memoria se encuentra accesible a todo el mundo a través de la página Web <http://www.uco.es/hbarra>.

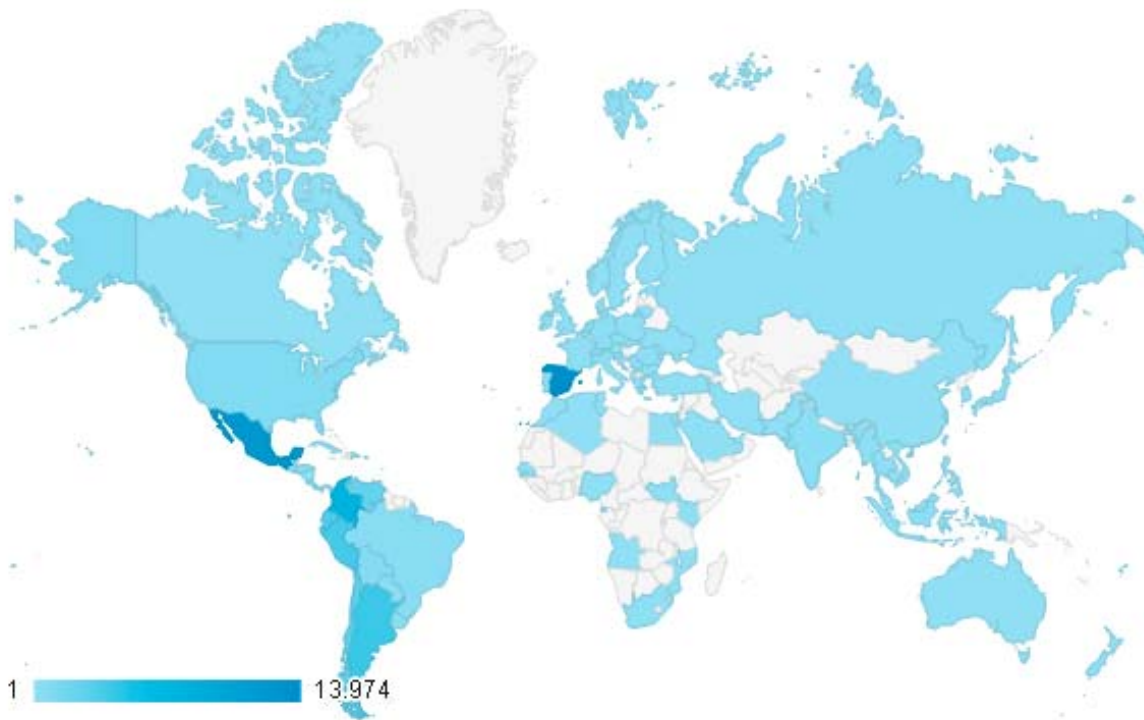
Como resultados del proyecto podemos destacar los siguientes aspectos:

- El desarrollo de las aplicaciones en Java ha permitido a los alumnos simular diversos procesos físicos de la teoría cuántica. Esto ha permitido un conocimiento más profundo por parte de los alumnos de dichos fenómenos. Dado que las aplicaciones se encuentran disponibles en la página Web, los alumnos las han podido utilizar cuando se encuentran fuera del aula.
- Los artículos desarrollados por los alumnos les han permitido conocer diversos aspectos novedosos de la teoría cuántica. La corrección por parte de los profesores les ha permitido detectar los principales problemas que tienen a la hora de redactar un documento. Los artículos redactados también se encuentran a disposición de toda la comunidad universitaria a través del Blog de la página.
- El viaje a Sevilla ha permitido a los alumnos conocer diversos centros en los que han visto las aplicaciones reales y prácticas que tiene la teoría cuántica. Del mismo modo, han conocido distintos centros en los que pueden ejercer su actividad profesional una vez que terminen sus estudios. Esta experiencia ha sido muy positiva y pensamos que debemos repetirla todos los años, si tenemos ocasión.

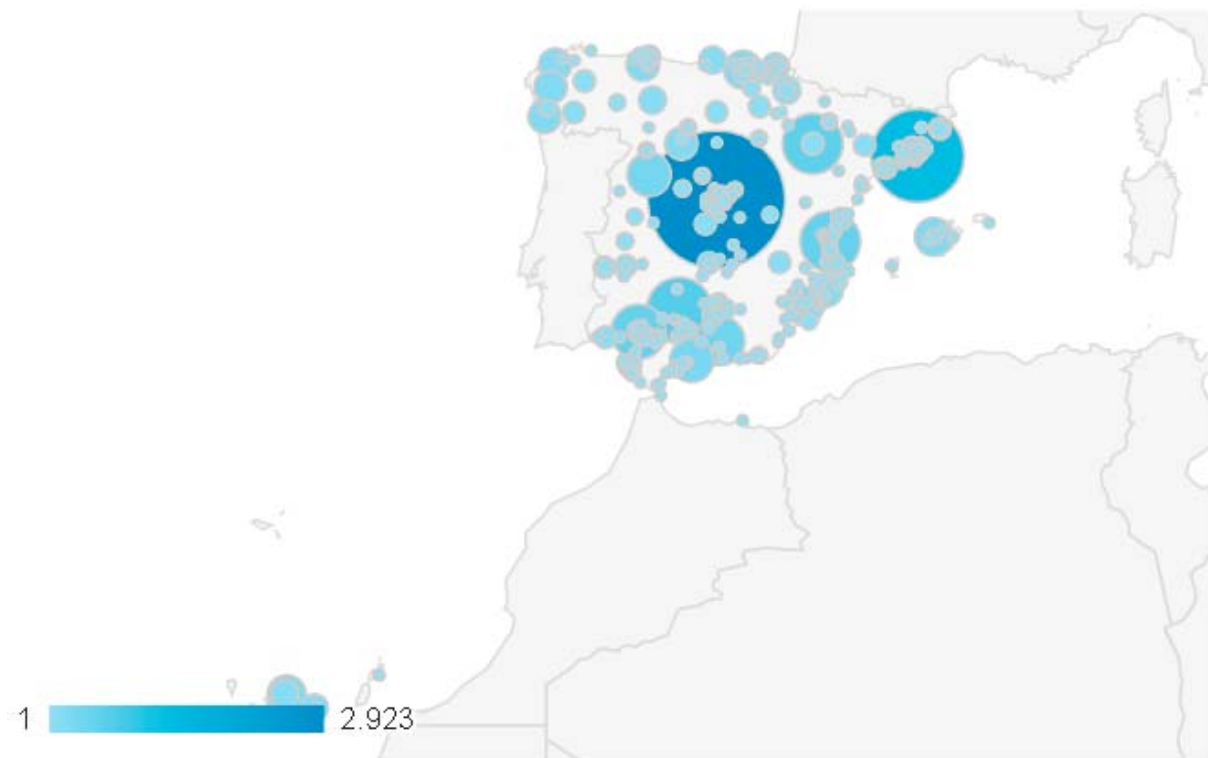
Para analizar la repercusión de la experiencia, se ha utilizado la herramienta Google Analytics, que permite conocer el número de visitas que recibe la página, la procedencia, el contenido visitado, etc. A lo largo del curso, desde el 1 de septiembre de 2013 hasta el 31 de agosto de 2014, la página ha recibido 56.740 visitas. El número de visitas recibidas crece año a año. En el siguiente gráfico se puede ver la distribución de visitas por días.



En la siguiente figura se puede ver que la página recibe visitas de todo el mundo. Los diez países desde los que se recibe un mayor número de visitas son: España, México, Colombia, Argentina, Perú, Ecuador, Chile, Venezuela, Estados Unidos y Bolivia.



Dentro de España, las nueve ciudades desde las que se reciben más visitas son: Madrid, Barcelona, Córdoba, Zaragoza, Sevilla, Valencia, Granada, Salamanca y Bilbao. Hay que destacar que Córdoba, no siendo una de las grandes ciudades de España, se encuentra la tercera de la lista y lógicamente se debe a las visitas que realizan los alumnos de nuestra Universidad, que son los protagonistas de la experiencia.



6. Utilidad (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil).

La experiencia desarrollada mediante el proyecto, ha permitido ir adaptando gradualmente las asignaturas de cuántica (Física Cuántica I y II y Mecánica Cuántica) a las nuevas tecnologías y, en general, a los métodos que se pretenden incentivar en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior.

Dado que gran parte de las herramientas utilizadas (Java, Easy Java Simulations, Joomla, Servidores de noticias RSS, Google Analytics) son de dominio público, se pueden utilizar en cualquier asignatura. La instalación y uso de Joomla requiere unos conocimientos mínimos de informática, ya que el personal del Servicio de Informática de nuestra universidad facilita el acceso a una base de datos MySQL y a un servidor con PHP, que son los requisitos indispensables para que pueda funcionar el gestor de contenidos. En cualquier caso, también se pueden utilizar otros entornos como WordPress, BlogSpot, etc.

Mediante la experiencia, también hemos conseguido que los alumnos participen de forma más activa en su propio aprendizaje. Está comprobado que si el alumno participa de forma activa, asimila el contenido con mayor profundidad que si el profesor facilita todo el material y se limita a impartir lecciones magistrales.

7. Observaciones y comentarios (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados).

Consideramos que los apartados anteriores son suficientes y que contienen todos los aspectos importantes del proyecto.

8. Bibliografía.

- F. Esquembre, “Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física”, Editorial PEARSON Prentice Hall.

- J. I. Fernández Palop, “A versatile applet to explore the wave behaviour of particles”, European Journal of Physics **30** (2009) 771-776.

Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

Córdoba, a 29 de septiembre de 2014

Sr Vicerrector de Estudios de Postgrado y Formación Continua