

# **Sensor Mobile, aplicación Android multilingüe con fines docentes para el acceso a sensores de smartphones**

<sup>1</sup>F.Huete, <sup>1</sup>D.Esteban, <sup>2</sup>J.B. da Silva, <sup>3</sup>M. Skouri, <sup>1</sup>Manuel A. González, <sup>3</sup>D. Goudjami, <sup>2</sup>W.Rochadel,  
<sup>1</sup>Miguel A. González

*<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Informática y Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid (España), <sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil), <sup>3</sup>Faculté des Sciences, Université Cadi Ayyad Marrakech (Marruecos)*

## **RESUMEN**

El trabajo experimental en ciencia y tecnología es clave para el aprendizaje, por lo que los laboratorios resultan imprescindibles. No obstante, el coste y la obsolescencia de los equipos hace difícil en ocasiones disponer de laboratorios actualizados y las prácticas simuladas no pueden reemplazar satisfactoriamente a las reales. Sin embargo, la utilización de sensores (acelerómetros, giróscopos, magnetómetros, Global Positioning System (GPS),...) con los que vienen equipados los smartphones, permite la implementación de prácticas, de bajo coste, que pueden utilizarse tanto en laboratorios como fuera de ellos (aprendizaje en entornos informales). Se pueden emplear aplicaciones (apps) preexistentes aunque al no haber sido diseñadas como herramientas docentes no siempre tienen el rigor necesario. Presentamos una app (Sensor Mobile), multilingüe, desarrollada en entorno Android para fines docentes que permite el acceso simultáneo a los sensores que existan en el teléfono, la visualización de los datos tanto en tiempo real como a posteriori una vez almacenados en formato csv. Se muestra también algún ejemplo práctico de su uso.

**Palabras clave:** Smartphones, Android, Sensores, Prácticas de Física, GPS.

## **1. INTRODUCCIÓN:**

### 1.1 Problema/cuestión

Los laboratorios de prácticas son herramientas fundamentales para el aprendizaje de las materias relacionadas con la ciencia y tecnología aunque a veces el coste y la obsolescencia de los equipos impiden que estén actualizados y bien equipados. Las prácticas simuladas que se utilizan para paliar estos problemas no pueden reemplazar de manera satisfactoria las prácticas reales.

Sin embargo las TICs pueden ser una herramienta muy útil para desarrollar un laboratorio de prácticas bien equipado, actualizado y a un coste razonable. La utilización de sensores como acelerómetros, giróscopos, magnetómetros, micrófonos,..., con los que vienen equipados los smartphones, permiten su empleo para el diseño y montaje de prácticas docentes que pueden ser utilizadas no solo en los laboratorios de los centros, sino también fuera de ellos.

### 1.2 Revisión de la literatura

En 1991 había 16 millones de móviles y en 2011 ese número ascendía ya a más de 5.500 millones. A tenor de estos datos, el sociólogo Manuel Castells, director de Comunicación móvil y desarrollo económico y social en América Latina, argumenta, en un estudio de la Fundación Telefónica [1], que “La tecnología inalámbrica es la que más rápidamente se ha desarrollado en la historia de la humanidad...”. La conversión de la telefonía inalámbrica en una tecnología de masas ha provocado una continua bajada del precio tanto del acceso a la red como el de los teléfonos móviles, junto con un aumento de las prestaciones de ambos.

Acceso a redes sociales y a la información, capacidad de captura de datos físicos y biométricos relevantes, potencia de cálculo, captura de imágenes y video, etc., se integran de manera más intensa en los comportamientos sociales, especialmente entre los segmentos más jóvenes de la población que, por otra parte, se encuentran en su etapa de aprendizaje. En este contexto y sin total unanimidad e incluso con importantes controversias, la utilización sistemática de los teléfonos móviles en las escuelas parece que puede llegar a ser una herramienta con un gran potencial. De hecho hay estudios que señalan que el empleo de estos dispositivos en el aula favorece el aprendizaje, aumentando tanto la motivación como la cantidad y calidad del trabajo de los estudiantes [2].

Sin pretender entrar en la polémica que llega hasta prohibir en muchos centros el uso de los teléfonos móviles, parece fuera de toda duda que su utilización como

herramientas de trabajo en los laboratorios trae consigo una serie de ventajas específicas muy interesantes como las que se describen a continuación.

Por una parte su precio, incluso en el de los dispositivos altos de gama que puede llegar a ser hasta de un orden de magnitud inferior, comparados con las herramientas clásicas a las que pueden reemplazar. De esta forma se pueden diseñar prácticas de laboratorio low-cost consiguiendo laboratorios bien equipados y tecnológicamente actualizados.

Actualmente hay una bibliografía cada vez más amplia sobre estos nuevos montajes de prácticas [3, 4, 5]. Por otra parte la difusión de los teléfonos les ha convertido en el paradigma de dispositivos BYOD (Bring Your Own Device) [6], una práctica que gana terreno en las Instituciones Docentes y que aporta un ahorro importante en los presupuestos de las mismas. En efecto, los laboratorios pueden prescindir de muchos equipamientos de medida porque los estudiantes traen su propio equipo en el bolsillo (Physics in Your Pocket) [7], ítem más en ocasiones se puede prescindir hasta del laboratorio, desubicándole, porque el Smartphone se ha convertido en un dispositivo ubicuo, que permite la realización de experiencias fuera del laboratorio. Con ello, además, disminuyen las barreras existentes entre el aprendizaje formal e informal [8] y se pueden plantear nuevas actividades formativas que conectan la ciencia que se aprende en el aula con los fenómenos que se observan en su entorno.

De esa manera se consiguen generar entornos de aprendizaje más sutiles y motivadores [9], entornos denominados 4P: Placed (ubicados), purposeful (con sentido), passion-led (motivadores), pervasive (distribuida y ampliada) [10]. Es decir las actividades se sitúan en un mundo que el estudiante conoce y quiere entender, son auténticas y tienen sentido, captan las pasiones de los estudiantes y profesores aumentando su implicación y por lo tanto el aprendizaje irá más allá del tiempo y del aula.

La Física es una disciplina estrechamente relacionada con la observación de los fenómenos naturales y su eventual reproducción en el laboratorio para su estudio en condiciones controladas. El laboratorio de prácticas es un lugar donde los estudiantes no solo aprenden a medir sino que además profundizan en la comprensión de los fenómenos que reproducen. La utilización de estos dispositivos permite seguir el camino inverso estudiando muchos fenómenos in-situ (outdoor) [11]. Así los estudiantes pueden investigar fenómenos físicos relacionados con su vida cotidiana [12, 13], entendiendo las leyes físicas que los gobiernan, comprendiendo sus límites y la

importancia del análisis crítico de los datos que se obtienen por mor de la complejidad del mundo real.

Experiencia previas realizadas con estudiantes de 2º de bachillerato a los que se les propuso realizar prácticas, en el laboratorio y fuera de él, con estos dispositivos ha permitido constatar como los estudiantes toman iniciativas muy interesantes, planteando experimentos diseñados por ellos mismos, en definitiva, tomando el control de su aprendizaje y adquiriendo una mayor confianza en sus capacidades [14].

### 1.3 Propósito

En este contexto se plantea diseñar actividades prácticas que puedan ser realizadas dentro y fuera de un Laboratorio Clásico de Prácticas, utilizando smartphones como dispositivos de captura, visualización y pretratamiento de datos. Para ello es preciso utilizar aplicaciones (apps) que puedan acceder a los datos almacenados por los sensores disponibles en estos dispositivos. Actualmente en las tiendas de aplicaciones asociadas con los Sistemas Operativos (SO) más comunes hay una importante variedad de apps que cumplen con este cometido. Sin embargo en su casi totalidad no han sido desarrolladas específicamente para ser utilizadas en contextos docentes por lo que a menudo adolecen de errores conceptuales importantes, aunque esto no impide que los datos que presenten sean válidos y por lo tanto puedan ser utilizados con fines docentes con las necesarias precauciones. La detección de algunos problemas conceptuales con este tipo de aplicaciones [15] impulsó la necesidad de desarrollar aplicaciones específicas diseñadas desde un principio con fines docentes, cuidando escrupulosamente las informaciones que se dan, cómo se dan, con las explicaciones y ayudas pertinentes, límites de validez, unidades, magnitudes, representaciones gráficas, etc. En definitiva, todos aquellos detalles relacionados con el aprendizaje que se tienen en cuenta en las actividades prácticas tradicionales de los estudiantes.

El propio desarrollo se emplearía como herramienta didáctica en Proyectos Fines de Carrera y Trabajos Fines de Grado empleando estudiantes de último año de carrera. Los resultados están siendo muy positivos ya que el desarrollo de aplicaciones tiene un gran atractivo para los estudiantes y el hecho que desde el principio se planteen trabajos que van a ser utilizados y difundidos les estimula y aumenta su implicación, llegando a obtener resultados de alta calidad [16].

Las vastas posibilidades de desarrollo en este campo y el interés suscitado en otros colegas de otras Universidades llevaron a plantearse trabajos colaborativos y a introducir el multilingüismo en las apps desarrolladas.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Descripción del contexto**

Sensor Mobile, la app objeto de esta comunicación, ha sido desarrollada en el marco de un Proyecto Fin de Carrera llevado a cabo por los dos primeros firmantes, estudiantes de Ingeniería Técnica Informática de Sistemas, bajo la supervisión, como tutores, de Manuel A. González y Miguel A. González (del grupo de Innovación Docente Tecnología Innovación y Aprendizaje- TIA), con la colaboración del resto de los firmantes que se han ocupado de probar la aplicación y de su adaptación al francés y al portugués. La app está disponible en Google Play para su descarga gratuita [17].

### **2.2. Software y especificaciones**

Al ser Android el SO más extendido entre los teléfonos móviles de los estudiantes al menos la primera versión de las apps desarrolladas por el grupo TIA se implementan sistemáticamente para Android.

La gran fragmentación de este SO [18], con un número importante de distintas versiones funcionales, además de los diferentes tamaños de pantalla y de resolución de los dispositivos que las soportan o la amplia diversidad de fabricantes que añaden una capa propia al sistema operativo original, son aspectos que complican considerablemente el desarrollo de la app si se pretende que funcione en el mayor número posible de dispositivos.

Para minimizar este problema se ha probado en una amplia gama de dispositivos.

SensorMobile está testada desde la versión 4.0 (Ice Cream Sandwich), hasta la 5.1 (Lollipop). Como pantalla de referencia se ha utilizado una de 4,3 pulgadas y 720x1280 pixels de resolución, con una densidad de 342 pixeles por pulgada. No hay una versión diferenciada para tablets con mayor tamaño de pantalla. El entorno de trabajo ha sido Eclipse 4.2.1, y el lenguaje de programación Java.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Características de la Aplicación**

Sensor Mobile tiene algunas características, además de su específico diseño para usos didácticos, que la diferencian de las más usuales que se encuentran en las tiendas de aplicaciones. Los aspectos más destacados son:

- Acceso simultaneo a todos los sensores más habituales presentes en los teléfonos. Acelerómetro, giróscopo, magnetómetro, sensor de luz, sensor de

proximidad. En cada caso utilizará los sensores que se encuentren en el smartphone.

- Acceso a los datos del GPS. Esta opción se implementó para ampliar el número de posibles experiencias outdoor como la que se presenta más adelante.
- Visualización gráfica de los datos a medida que se registran, pudiendo seleccionar en cada momento cualquiera de los sensores.
- Almacenamiento selectivo de los datos en formato CSV. El archivo con datos GPS incluye las coordenadas así como las distancias recorridas y la velocidad entre cada lectura GPS.
- Visualización a posteriori de los ficheros almacenados. De esa forma se puede valorar la experiencia realizada validándola o repitiéndola en caso contrario. En el caso de los datos GPS, se presenta la visualización de la trayectoria recorrida en un mapa de Google Maps.
- Posibilidad de definir el inicio y el final de la medida mediante unos temporizadores. Además dispone de un avisador sonoro que indica estos dos instantes. De esta manera se evitan las vibraciones al tocar el teléfono para iniciar y terminar la captura de datos.
- Ayudas en todas las pantallas redactadas con el rigor necesario para una herramienta destinada al aprendizaje.
- Menús y ayudas en 4 idiomas, español, inglés, francés y portugués. La app se instala automáticamente con el idioma seleccionado en el teléfono, en caso de ser uno diferente se instala en inglés.

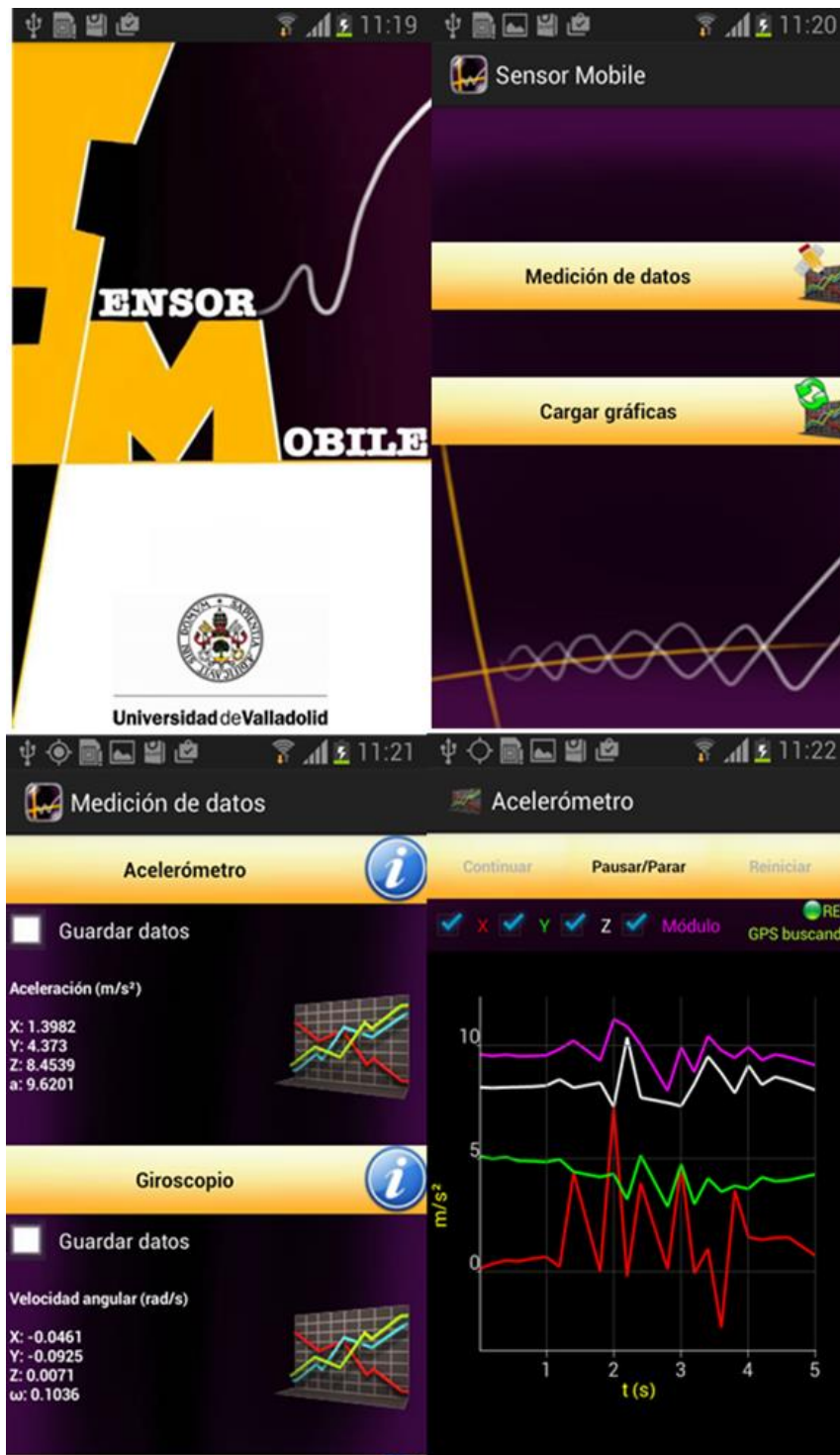
### 3.2 Diseño Gráfico

Se ha diseñado una app gráficamente sencilla, figura 1, procurando que el tiempo de aprendizaje sea muy reducido para que pueda ser utilizada rápidamente.

Dispone de un menú de configuración donde se puede elegir entre 4 frecuencias de adquisición de datos, además de poder fijar un tiempo de inicio y un intervalo de adquisición de datos definido previamente. Se ha habilitado una herramienta de zoom que funciona cuando se visualizan los datos adquiridos.

Los datos se presentan digitalmente como se ve en la pantalla inferior izquierda de la figura 1 y también en forma gráfica, inferior derecha. En ambos casos los resultados se presentan en tiempo real.

Figura 1. Superior izquierda: Pantalla inicial; Superior derecha: Menú Principal; Inferior izquierda: Menú elección de sensores; Inferior derecha: Ejemplo de visualización de datos en tiempo real



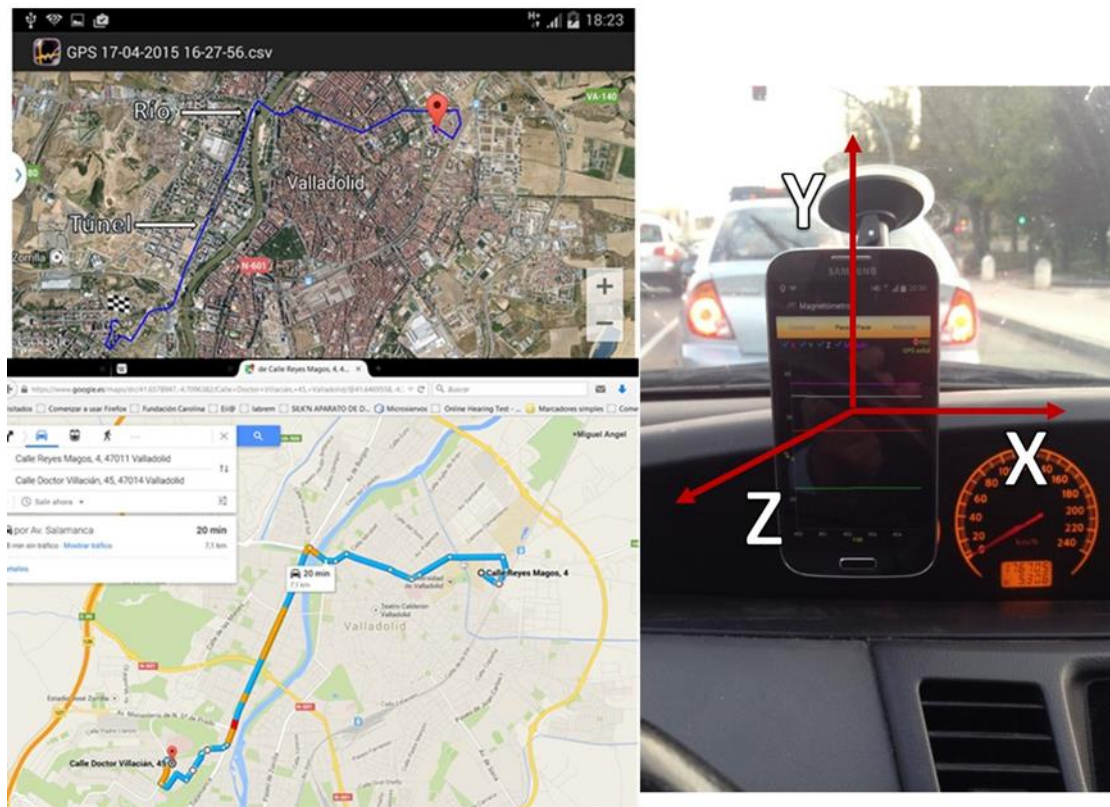
### 3.3 Resultados

En la figura 2 se presentan los resultados de una experiencia outdoor que ilustra la potencia y versatilidad de esta aplicación.

La experiencia consistía en la realización de un desplazamiento en coche dentro de la ciudad, registrando los valores que nos daban varios de los sensores (acelerómetro,

giróscopo, magnetómetro y GPS) con los que viene equipado un Smartphone Samsung Galaxy 4, con Android 4.4 y correlacionando posteriormente los datos entre sí y con la ruta realizada registrada con el GPS, como se ve en la figura 2.

Figura 2. **Izquierda:** Trayecto realizado. En la parte superior mapa generado a través de la aplicación, donde se señalan dos hitos significativos, las travesías de un puente y de un túnel. En la inferior aparece un mapa del mismo trayecto generado en un PC con Google Maps. **Derecha:** Fotografía del Smartphone y su sujeción en el coche con la dirección de los ejes de los sensores



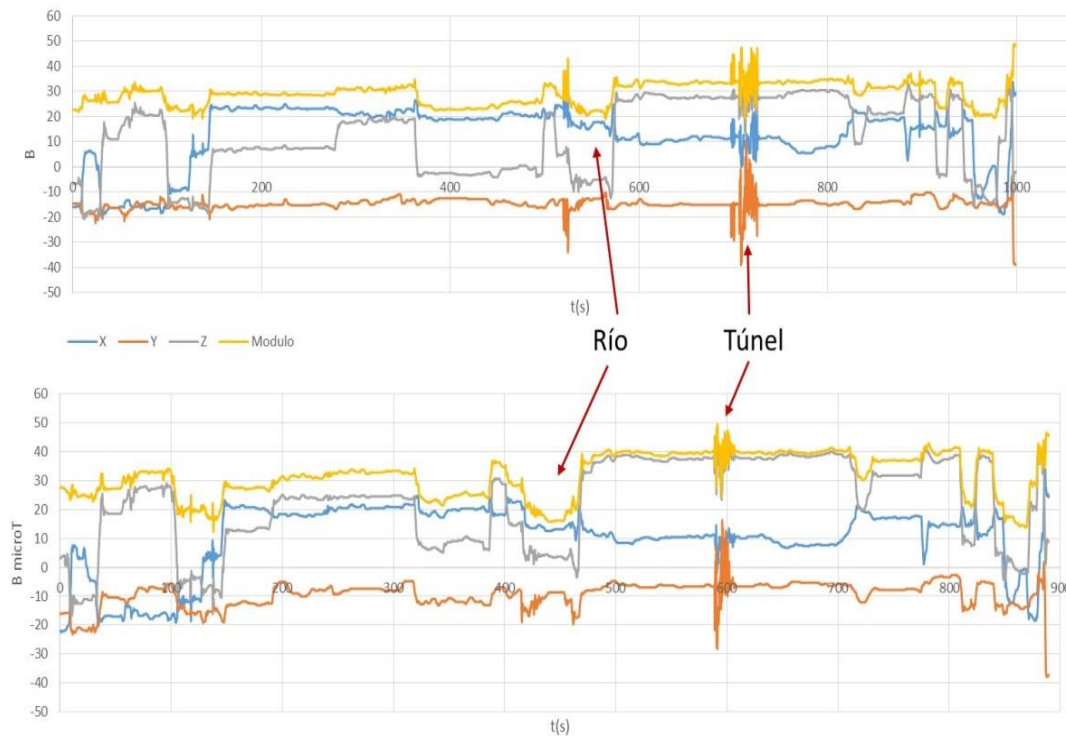
Se eligió ese trayecto porque atravesaba varios puntos significativos, señalados en la figura, un río y un pequeño túnel de unos 100 m de longitud. En la figura 2 se presenta una fotografía de la colocación del teléfono en el coche y la situación relativa de los tres ejes de coordenadas. Después de varios intentos se comprobó que la manera más adecuada para colocar el teléfono era un sistema similar al que se utiliza con los dispositivos GPS habituales, ya que de esa manera se minimizan los movimientos relativos del teléfono con respecto al vehículo.

Con objeto de verificar la repetitividad de la medida se repitió el trayecto varias veces. En la figura 3 se presentan los datos correspondientes a las medidas dadas por el magnetómetro en dos de los trayectos repetidos. Obviamente al estar representadas en



función del tiempo los momentos de paso por los distintos puntos del trayecto no coinciden temporalmente. Sin embargo a pesar de ello se puede constatar la similitud de los datos apreciándose cómo se repite la variación de los valores de las componentes del campo magnético. Aunque no es objeto de esta comunicación interpretar detalladamente los datos registrados desde un punto de vista físico, se pueden constatar algunos hechos relevantes. Se observa un comportamiento peculiar en el paso por los puntos significativos citados más arriba. Una variación del campo magnético al paso por el puente mientras que en el túnel aparecen unas rápidas oscilaciones. Estos dos fenómenos están relacionados con la estructura metálica de ambas construcciones.

Figura 3. Campo magnético y sus componentes correspondientes a un mismo trayecto repetido en 2 ocasiones



Se aprecian también, en la figura 3, variaciones relativas de los valores de las componentes horizontales del campo magnético (**X**, **Z**), que obviamente, serían debidos a giros efectuados por el vehículo. La correlación de estos datos con los correspondientes del giróscopo, figura 4, justifica esta interpretación. En efecto en la figura se pueden apreciar las coincidencias entre los giros en la trayectoria detectados por la componente **Y** del giróscopo (flechas en rojo en la figura) con las variaciones relativas de las componentes horizontales del campo magnético.

Figura 4. Componentes horizontales **X**, **Z** del campo magnético y componente vertical **Y** del giróscopo. En rojo flechas que señalan los puntos donde el vehículo gira.

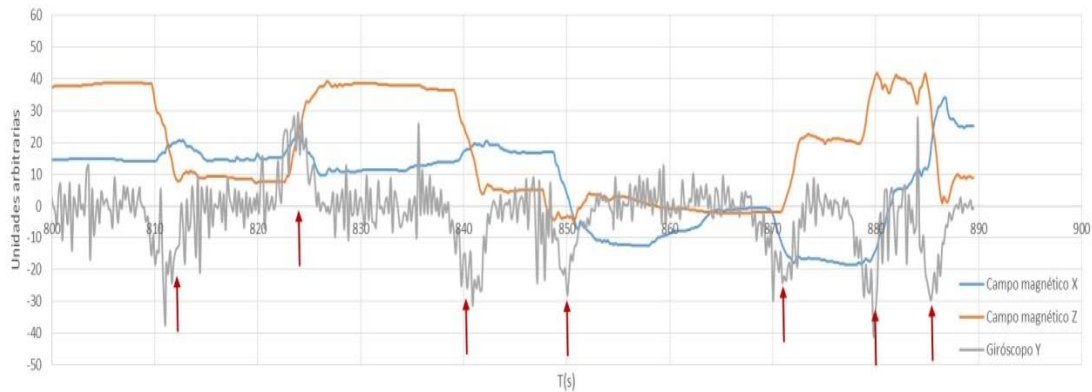
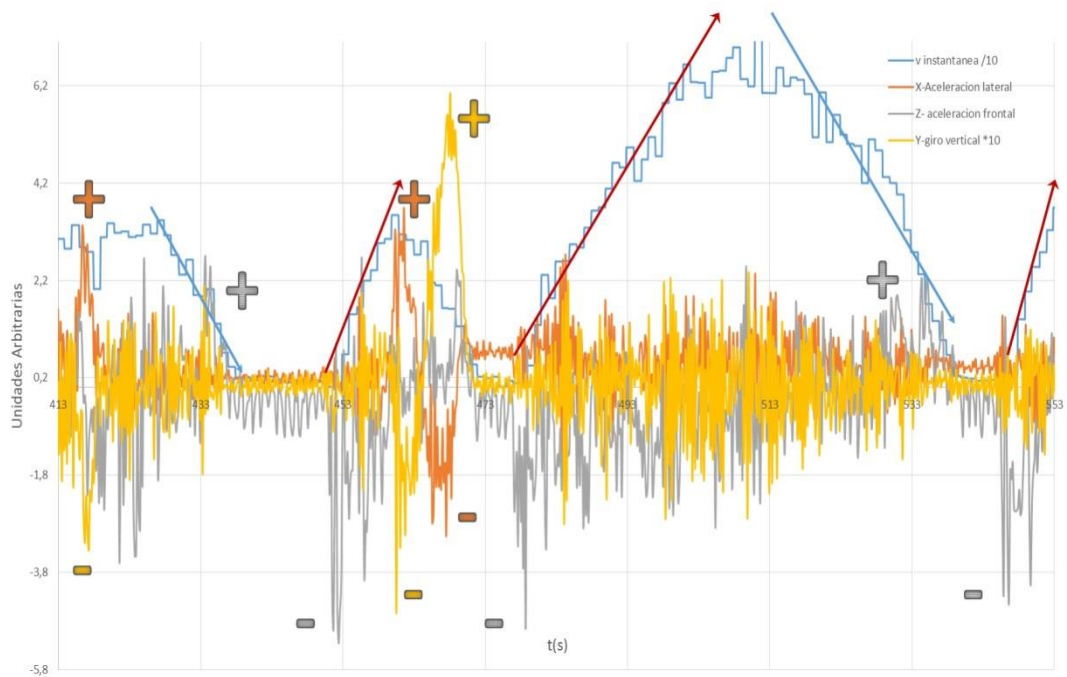


Figura 5. Velocidad instantánea en azul, componente vertical de la velocidad angular de rotación medida por el giróscopo en amarillo y componentes de la aceleración en el plano horizontal, medidas por el acelerómetro, frontal en gris y lateral en naranja. Las flechas indican las zonas en las que hay aumento o disminución de la velocidad.



También se pueden encontrar otras correlaciones interesantes que ayudan a los estudiantes a comprender fenómenos cinemáticos a partir de sus experiencias diarias. En la figura 5 se representan las componentes **X** y **Z** (aceleración lateral y frontal respectivamente, medidas con el acelerómetro), la componente **Y** del giróscopo que representa las rotaciones en torno al eje vertical, y las velocidades instantáneas,

obtenidas a partir del cálculo del espacio recorrido entre dos posiciones consecutivas leídas por el GPS divididas por el tiempo transcurrido entre ambas lecturas. En la figura se observa la relación entre el aumento (flecha en rojo), o la disminución (flecha en azul) de la velocidad instantánea con los valores de la aceleración frontal ( $Z$ ) que son negativos o positivos respectivamente. En los intervalos en los que el vehículo gira se observan igualmente correspondencias entre los valores de la componente  $Y$  de la velocidad angular con los de la componente  $X$  de la aceleración lateral.

Un análisis más exhaustivo de los datos obtenidos, incluyendo un tratamiento de datos más intenso, filtros, eliminación de ruido, etc. permitiría afinar mucho más los resultados, de manera que sería posible adecuar la dificultad de los resultados con el nivel académico de los estudiantes que realicen esta experiencia.

#### **4. CONCLUSIONES**

La utilización de los sensores con que vienen equipados los teléfonos móviles para la realización de experiencias de física aporta grandes ventajas que facilitan el aprendizaje de esta disciplina. Los profesores disponen, a un coste muy bajo, de una amplia panoplia de experiencias que pueden ser realizadas dentro o fuera del laboratorio. Los estudiantes trabajan con una herramienta que dominan y que les permite conectar la ciencia que se aprende en el aula con los fenómenos en su entorno cotidiano.

Las aplicaciones preexistentes que permiten acceder a los datos de los sensores no siempre son las más adecuadas para un uso específicamente docente. Para soslayar este inconveniente se ha desarrollado una aplicación específica con unas prestaciones muy elevadas.

Las primeras pruebas de la aplicación realizadas con grupos reducidos de estudiantes han sido satisfactorias por lo que el siguiente paso será su utilización dentro del curriculum docente.

El trabajo colaborativo en el desarrollo de la aplicación ha contribuido a dotarla de mayores funcionalidades de manera que se pueda utilizar con estudiantes de diferentes universidades y procedencias lingüísticas.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Castells, M., Fernández-Ardèvol, M., Galperin, H. (2011) *Comunicación móvil y desarrollo Económico y Social en América Latina* .Fundación Telefónica. Editorial Ariel.
- [2] Martin, F., Ertzberger, J., (2013). Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology, *Computers&Education*, 68, 76-85.
- [3] Kuhn, J., Vogt, P. (2012). Analyzing spring pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor, *The Physics Teacher*, **50**, 504-505
- [4] Gröber, S., Molz, A., Kuhn, J. (2014). Using Smartphones and Tablet PC for  $\beta$ -spectroscopy in an educational setup, *European Journal of Physics*, **35**
- [5] Shakur, A., Sinatra, T. (2013). Angular Momentum, *The Physics Teacher*, **51** 9, 564-565
- [6] Johnson, L., Adams\_Becker, S., Estrada, V., Freeman, A. (2015). *NMC Horizon Report, 2015 Higher Education Edition* Austin, Texas: The New Media Consortium
- [7] *Physics In Your Pocket*, (2015) <http://aprendiendofisica.blogspot.com.es/2015/04/physics-in-your-pocket.html>
- [8] Fenichel, M., Schweingruber, H.A. (2010) *Sourrounded by Science: Learning Science in Informal Environments*, The National Academic Press, Washington DC
- [9] Informe Fundación Telefónica, Universitat de Barcelona, (2013). *Mi móvil al servicio de la comunidad: aprender y compartir*, [http://laboratorios.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/2013/10/Laboratorio-mLearning\\_informe-investigacion\\_def.pdf](http://laboratorios.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/2013/10/Laboratorio-mLearning_informe-investigacion_def.pdf)
- [10] *Learning Futures: A visión for engaging Schools*, (2012) Ed. Paul Hamlyn Foundation [http://www.innovationunit.org/sites/default/files/Learning%20\\_Futures\\_Engaging\\_Schools.pdf](http://www.innovationunit.org/sites/default/files/Learning%20_Futures_Engaging_Schools.pdf)
- [11] Popov, O. (2015) Outdoor Science in Teacher Education, *Contemporary Approaches to Activity Theory: Interdisciplinary Perspectives on Human Behavior*, Thomas Hansson, Hershey, pa: IGI Global, 2015, 128-142
- [12] Kuhn, J., Vogt, P., Müller, A. (2014). Analyzing elevator oscillation with the smartphone acceleration sensors, *The Physics Teacher*, **52**, 55
- [13] Vieyra, R.E., Vieyra, C. (2014). Analyzing Forces on Amusement Park Rides Devices, *The Physics Teacher*, **52**,149

- [14] González, Manuel A., González, Miguel A., Martín. E., Santos, R., Del Pozo, A., Diez, A., Prieto, V., Martínez, P., Aznar, J., De los Mozos, D. (to be published) Física Experimental en ambientes informales con Smartphones. *Proceedings 25º Encuentro Ibérico de Enseñanza de la Física*, Gijón.
- [15] González, Miguel A., González, Manuel A., Martín. E., Llamas, C. Martínez, O., Vegas, J., Herguedas. M., Hernández, C. (to be published) Teaching and Learning Physics with Smartphones, *Journal of cases on Information Technology (JCIT)*.
- [16] Cañedo, J.C. (2014) *Audia: Estudio de Ondas Sonoras y Audiometrías en entorno Android*, Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Valladolid
- [17] Huete, F., Esteban, D., González, Manuel A., González, Miguel A., *Sensor Mobile Application*, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sensor.mobile>
- [18] *Android Fragmentation Visualized*, (2014) [http://opensignal.com/assets/pdf/reports/2014\\_08\\_fragmentation\\_report.pdf](http://opensignal.com/assets/pdf/reports/2014_08_fragmentation_report.pdf)