

Los sensores de los dispositivos móviles: una herramienta innovadora en la enseñanza de las ciencias físicas

Mobile-device sensors: an innovative tool in the teaching of physical

Martín Monteiro

UNIVERSIDAD ORT URUGUAY, URUGUAY.
fisica.martin@gmail.com

Cecilia Stari, Arturo C. Marti

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA, MONTEVIDEO, URUGUAY.
cstari@fing.edu.uy, marti@fisica.edu.uy

Abstract

Mostramos como los sensores incorporados en dispositivos móviles pueden ser utilizados como laboratorios portátiles al servicio de la enseñanza de las ciencias experimentales, especialmente de la física, en los últimos años de la educación media y los primeros de la universitaria. Describimos experimentos que antes requerían costosos aparatos o que no eran factibles en laboratorios de enseñanza. Finalmente, discutimos algunas perspectivas del uso de los sensores en la enseñanza de la física.

We show how builtin sensors in mobile devices can be used as portable laboratories at the service of teaching experimental sciences, especially physics, in the last years of high school and first years of university. We describe experiments that previously required expensive apparatus or were not feasible in teaching laboratories. Finally, we discuss some perspectives about the use of sensors in the physics teaching.

Palabras clave: Dispositivos móviles, sensores, teléfonos inteligentes

Keywords: Mobile devices, sensors, smartphones, physics teaching

1. Introducción

Los teléfonos inteligentes se popularizaron notablemente en los últimos años. Actualmente su uso trasciende considerablemente el propósito original de hablar con un interlocutor distante. De hecho, cada día es más frecuente utilizar dispositivos móviles como relojes, cámaras, agendas, reproductores de música o GPS. Resulta destacable el hábito presente en todos los estratos sociales, pero especialmente llamativo entre los jóvenes, de llevar sus teléfonos inteligentes todo el tiempo y a todas partes. El conocido portal statistia.com estima en base a fuentes confiables, en todo el mundo, más de 1.500 millones celulares inteligentes fueron vendidos a usuarios finales durante el año 2021.

Una característica de los teléfonos inteligentes no siempre es conocida por los usuarios es la incorporación de varios sensores, entre ellos el acelerómetro, el sensor de velocidad angular, el magnetómetro, el sensor de proximidad o el de presión. Estos sensores facilitan la experiencia de los usuarios en diversos sentidos, por ejemplo, desactivando la pantalla táctil para evitar acciones no deseadas, regulando el brillo de la pantalla para adaptarse a las condiciones de iluminación ambiente, o habilitando comando gestuales como sacudir el dispositivo para realizar rápidamente algunas acciones. A pesar que entre el propósito de los fabricantes no es hacer experimentos de física, es posible reinventar el uso de estos dispositivos y ponerlos al servicio de la enseñanza de las ciencias físicas.

Los sensores de los dispositivos móviles permiten experimentar obteniendo mediciones reales de diversos fenómenos físicos. Es posible medir aceleración, velocidad angular, campo magnético, presión, sonido, entre muchas otras magnitudes, especialmente en laboratorios de secundaria o pregrado. Sin embargo, gracias a su portabilidad los experimentos con teléfonos inteligentes se pueden realizar fácilmente en ubicaciones no tradicionales como parques infantiles, instalaciones deportivas o medios de transporte (véase la columna iPhysicsLab publicada por The Physics Teacher o también la reciente revisión, Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Martí, A. C., 2022). En términos generales, los dispositivos móviles permiten dos formas de trabajo, una, en el propio dispositivo y otra como data logger, transfiriendo la información a un ordenador tradicional o trabajando en la nube. En la Tabla 1 se enumeran los sensores más frecuentes en la actualidad junto con sus principales características.

Tabla 1: Sensores más frecuentes en los dispositivos móviles actuales y sus características. Se entiende por pseudosensor un dispositivo que incorpora información de varios sensores y por medio de un procesamiento provee una nueva magnitud.

Sensor	Propósito básico	Cantidad	Magnitud física
Acelerómetro	Rotar pantalla, detectar movimiento	Vector	Aceleración
Giroscopio	Determinar orientación dispositivo	Vector	Velocidad angular
Micrófono	Comunicación	escalar	Sonido
Cámara	Obtener vídeos, imágenes	Matricial	Mapa de imágenes
Proxímetro	Desactivar la pantalla	Booleana	Objeto próximo detectado
Luxómetro	Controlar la pantalla	Escalar	Luz ambiente
Presión	Localización y determinación de altura en interiores y exteriores	Escalar	Presión atmosférica
Orientación (seudosensor)	Determinar orientación	3 ángulos	Alabeo, guiñada y cabeceo
GPS (receptor)	Geolocalización	Geolocalización	Coordenadas geográficas
Magnetómetro	Orientación	Vector	Campo magnético local

2. Objetivos

En los últimos años se han propuesto numerosos experimentos de física basados en los dispositivos móviles. El número de estos trabajos creció en forma explosiva desde la aparición de los primeros teléfonos inteligentes en la década del 2000. En la figura 1 recopilamos la cantidad de trabajos publicados, de acuerdo al conocido portal Scopus, en revistas de ciencias físicas e ingenierías que contienen términos relacionados con este trabajo en el título, resumen y palabras claves. Estos experimentos abarcan todas las áreas de la física, desde mecánica clásica hasta física moderna.

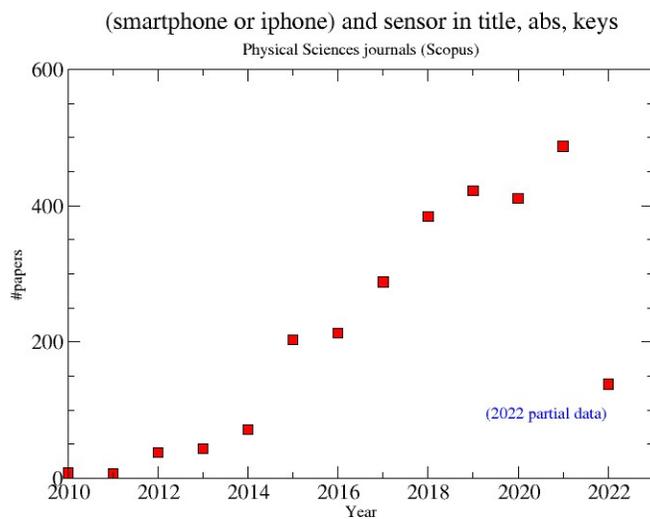


Figura 1: Evolución anual del número de artículos publicados en revistas de ciencias físicas y de ingenierías vinculadas con dispositivos móviles y sensores de acuerdo al portal Scopus.

El objetivo de este trabajo es mostrar cómo es posible utilizar los sensores de los dispositivos móviles en la experimentación de física. La utilización de estos dispositivos cobró especial importancia durante la pandemia de covid que obligó a replantear las metodologías en un ámbito global (O'Brien, D. J., 2021). Estas transformaciones no implican solamente un cambio en los instrumentos sino que apunta a diseñar y promover estrategias de enseñanza y de aprendizaje activo. Buscamos cambiar el rol de la enseñanza y otorgar un papel fundamental al estudiante, dejando de ser un receptor pasivo del conocimiento e involucrándose en las actividades en el aula.

3. Metodología

Las nuevas tecnologías abren la puerta a nuevas oportunidades y proporcionan un marco ideal para propiciar el trabajo en equipo en un contexto de inclusión e igualdad. éstas, sin embargo, por sí solas no alcanzan para transformar la educación. En palabras de la OCDE *la tecnología puede amplificar las buenas prácticas docentes pero ni la mejor tecnología puede solucionar la falta de buena docencia*. Siguiendo esta filosofía, propiciamos un salto cualitativo en la enseñanza de la Física y de las ciencias naturales gracias a la integración de los sensores de los dispositivos móviles. Apuntamos entonces a contribuir a mejorar el sistema educativo y a prepararlo para los cambios tecnológicos que se avecinan, en particular, con la ayuda de las tecnologías digitales y el pensamiento computacional. Nos basamos en el diseño de experiencias

utilizando tecnologías digitales y la evaluación de su efecto en la enseñanza de las ciencias naturales y de la Física en particular.

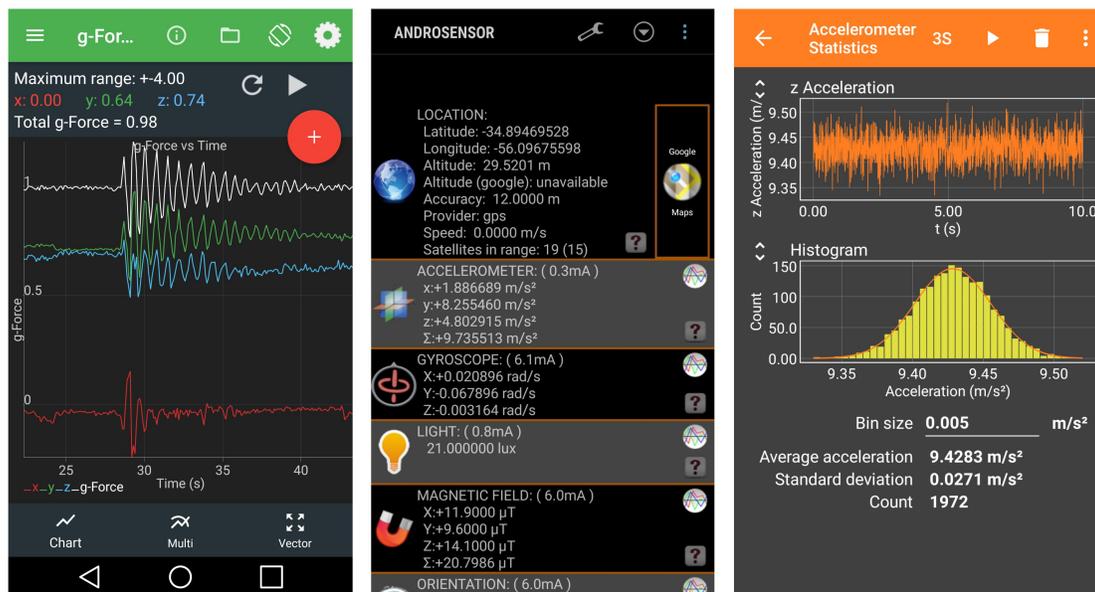


Figura 2: Captura de pantalla de algunas aplicaciones muy utilizadas en la actualidad.

El uso de los sensores requiere de paquetes específicos de software, usualmente referidos como *apps* para poder acceder a los datos relevados. En las tiendas de apps de cada sistema operativo se cuenta con numerosas opciones. En la figura 2 mencionamos tres de las mejor adaptadas para realizar experimentos de física: Physics Toolbox Suite, Phyphox y Androsensor. Cada una de ellas tienen sus propias funcionalidades como acceder en forma remota, programación basada en navegadores o análisis de datos en la propia aplicación. Otros aspectos importantes son la facilidad para realizar diversas medidas, utilizar varios sensores en forma simultánea y configurar opciones como la frecuencia de muestreo, las unidades o el intervalo de medición. Otras características útiles incluyen la posibilidad de compartir experimentos en forma colaborativa con otros usuarios (Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C., 2018). Gracias a la gran potencia de cálculo es posible realizar diversas operaciones, algunas sencillas como ajustes lineales o no lineales o también realizar transformadas rápidas de Fourier en tiempo real.

4. Resultados y Discusión

Un conjunto muy diverso de experimentos puede ser realizado siguiendo esta metodología. A continuación planteamos una selección de aquellos que consideramos más ilustrativos. Todo resultado de medición debe ser expresado con la incertidumbre correspondiente. El estudio de la teoría de errores es un elemento fundamental en la formación de futuros científicos e ingenieros. En las prácticas usuales durante mucho tiempo se estudió este tema tomando medidas reiteradas de un fenómeno, por ejemplo arrojando una bolita y midiendo la distancia para luego construir gráficas e histogramas. Los sensores permiten transformar este tipo de experimentos tomando cientos o miles de medidas en pocos segundos (Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Martí, A. C., 2021) y luego estudiar conceptos tales como la desviación estándar, el error estándar, distribuciones normales y criterios estadísticos.

La experimentación con juguetes también es un punto alto de los dispositivos móviles (Sali-

nas, I., Monteiro, M., Martí, A. C., & Monsoriu, J. A., 2020). En este trabajo mostramos cómo es posible estudiar la dinámica clásica de un tradicional juguete, el yoyo, utilizando el giroscopio de un teléfono móvil. Gracias a este sensor se obtienen medidas muy complicadas de obtener con otros instrumentos. Otro ejemplo de la versatilidad de estos dispositivos es la posibilidad de analizar los principios físicos del vuelo de drones (Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Martí, A. C., 2022) o de los tubos de simples aspiradoras (Monteiro, M., Stari, C., & Martí, A. C., 2022).

Como mencionamos antes, otra ventaja es la posibilidad de medir en sitios no tradicionales. En la referencia Monteiro, M., Organtini, G., & Martí, A. C. (2020) , planteamos un experimento donde medimos el campo magnético generado por trenes eléctricos. Esta medida es complementada con datos obtenidos en internet del campo magnético terrestre local, de la orientación geográfica y de las características técnicas de las líneas férreas. El primer iPhone, lanzado en 2007, incorporó varios avances tecnológicos que ya estaban presentes en otros dispositivos, sin embargo, tuvo la gran virtud de reunir todas estas características en un solo dispositivo portátil y popular. Se puede hacer una observación similar sobre el uso de teléfonos inteligentes en un laboratorio de física, todos los ingredientes, como el micrófono, la cámara o los sensores, ya son conocidos y están disponibles en otros dispositivos individuales, sin embargo, los teléfonos inteligentes presentan la ventaja de recopilar un gran cantidad de herramientas listas para usar en un solo dispositivo.

5. Conclusiones

Como inferimos de las consideraciones anteriores los experimentos basados en sensores de dispositivos móviles constituyen una herramienta de innovación en la enseñanza de las ciencias físicas. Las ventajas son numerosas por un lado son dispositivos de uso corriente por parte de los estudiantes de todos los niveles que no los perciben como elementos extraños sino como objetos corrientes. Su amplia disponibilidad conlleva que el precio es relativamente accesible en comparación con otros sensores de fabricación específica para laboratorios o centros educativos. Además, el dispositivo móvil ya está disponible y no significa un gasto adicional. Por otro lado, estos integran varios sensores y es posible usarlos simultáneamente en un mismo experimento sin necesidad de otros instrumentos de comunicación (Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Martí, A. C., 2019).

La cantidad de dispositivos vendidos en todo el mundo continua aumentando. Asimismo, vienen cada vez mejor equipados y con más sensores. Cabe preguntarse si el uso de sensores en dispositivos móviles representa un avance significativo o solo marginal. La misma pregunta se podría hacer sobre el uso de los smartphones en otros ámbitos, y creemos que las respuestas son esencialmente las mismas: permiten acceder a un conjunto amplio de recursos en un único dispositivo, a un precio razonable, de tamaño práctico y facilidades de uso. Son muchas las incógnitas que se presentan para los próximos años. La aparición de los sensores de los dispositivos móviles es relativamente reciente. Por un lado, no sabemos si los fabricantes seguirán incluyendo nuevos sensores, es decir sensores que no han estado disponibles hasta ahora en dispositivos móviles. Por otro lado, tampoco podemos decir si la capacidad de cálculo está alcanzando un ritmo de crecimiento más lento o seguirá aumentando al mismo ritmo que en el actual.

Quizás los avances futuros se centren en mejoras relacionadas con una mayor facilidad de uso del software y el procesamiento de datos. La investigación en enseñanza de la física también tiene mucho que decir, evaluando si el cambio futuro será cualitativo o meramente marginal y si se observan mejoras en los resultados de aprendizaje. En todo caso, podemos afirmar que estos

dispositivos y sensores llegaron para permanecer por un tiempo considerable. Como ocurre con todas las nuevas herramientas o tecnologías que surgen, la mejor actitud parece ser analizar sus aportes y utilizarlos de manera crítica y reflexiva.

Referencias

-  Monteiro, M., & Martí, A. C. (2022). *Resource letter mds-1: Mobile devices and sensors for physics teaching*. American Journal of Physics, 90(5), 328–343.
-  Monteiro, M., Organtini, G., & Martí, A. C. (2020). *Magnetic fields produced by electric railways*. The Physics Teacher, 58(8), 600–601.
-  Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2019). *Physics experiments using simultaneously more than one smartphone sensors*. In Journal of physics: Conference series (Vol. 1287, p. 012058).
-  Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2021). *Using mobile-device sensors to teach students error analysis*. American Journal of Physics, 89(5), 477–481.
-  Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2022). *Simple physics behind the flight of a drone*. Physics Education, 57(2), 025029.
-  Monteiro, M., Stari, C., & Martí, A. C. (2022). *A home-lab experiment: resonance and sound speed using telescopic vacuum cleaner pipes*. Physics Education, 58(1), 013003.
-  O'Brien, D. J. (2021). *A guide for incorporating e-teaching of physics in a post-covid world*. American Journal of Physics, 89(4), 403–412.
-  Salinas, I., Monteiro, M., Martí, A. C., & Monsoriu, J. A. (2020). *Analyzing the dynamics of a yo-yo using a smartphone gyroscope sensor*. The Physics Teacher, 58(8), 569–571.
-  Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018, may). *Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox*. Physics Education, 53(4), 045009.
[doi:10.1088/1361-6552/aac05e](https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e)