

# **Contribuciones de un dispositivo tangible para el aprendizaje de algunos conceptos de cinemática. Experiencia usando el Wiimote dentro del laboratorio de física.**

José Enrique Martínez Pérez.

Cita:

José Enrique Martínez Pérez (2015). *Contribuciones de un dispositivo tangible para el aprendizaje de algunos conceptos de cinemática. Experiencia usando el Wiimote dentro del laboratorio de física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 32 (3), 870-878.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/jose.enrique.martinez/2>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/prU8/K0D>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.  
Para ver una copia de esta licencia, visite  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*

**Contribuciones de un dispositivo tangible para el aprendizaje de algunos conceptos de cinemática. Experiencia usando el Wiimote dentro del laboratorio de Física<sup>+</sup>\***

---

*José Enrique Martínez Pérez<sup>1</sup>*

Instituto Universitario de Tecnología del Estado Bolívar (IUTEB)

Ciudad Guayana – Venezuela

**Resumen**

*Dado el avance de la tecnología tangible dentro del área de la interacción humano-computadora y lo costoso de adquirir y actualizar el equipamiento en los laboratorios de física de las instituciones de educación universitaria, en este trabajo se probó la factibilidad de usar un control de mando del juego de video de Wii llamado Wiimote, como dispositivo tangible, en una práctica de plano inclinado. Los resultados fueron satisfactorios y los estudiantes manifestaron que el diseño de la experiencia implantada contribuye al aprendizaje conceptual y procedimental relacionado con el plano inclinado. Los resultados parecen evidenciar la utilidad de la tecnología tangible en la construcción de representaciones más cercanas a los modelos de la ciencia y ayudar a los estudiantes a formarse imágenes mentales que pudieran ellos usar para nuevos retos. Se espera desarrollar este montaje con un diseño pedagógico.*

**Palavras-chave:** *Interacción humano-computadora; Tecnología tangible; Wiimote; Aprendizaje de la Física; Plano inclinado.*

**Abstract**

*Given the advancement of tangible technology within human-computer interaction and that the equipment in Physics laboratories of higher education institutions are expensive to be afforded and upgraded, this*

---

<sup>+</sup> Contributions of a tangible device for learning some concepts of Kinematics. Experience using the Wiimote in laboratory of Physics

\* *Recebido: março de 2015.  
Aceito: setembro de 2015.*

<sup>1</sup> E-mail: [josenriquemartinez@gmail.com](mailto:josenriquemartinez@gmail.com)

*paper presents the feasibility of using a remote control of video game called Wiimote as a tangible device in an inclined plane practice. The results were satisfactory and the students said that the design of the implanted experience contributed to the conceptual and procedural learning related to the inclined plane. The results seem to demonstrate the usefulness of tangible technology in building closer models of science representations and helping students to form mental images that can be used by them on new challenges. In the future, the development of a pedagogical design with this practice is expected.*

**Keywords:** *Human-computer interaction; Tangible technology; Wiimote; Learning Physics; Inclined plane.*

## **I. Introdução**

El conocimiento que la física aporta para la formación de diferentes profesionales es imprescindible. Los conceptos y leyes físicas apoyan el desarrollo de un sistema conceptual y procedimental en los individuos. La física es una ciencia experimental y para su enseñanza es fundamental el trabajo práctico. La experimentación aporta a) capacidades conceptuales y procedimentales para el modelado y b) criterios para buscar y relacionar variables significativas (ADRIÁN; ESCUDERO, 2011).

De acuerdo a estos autores, hay que diseñar ambientes didácticos que ayuden a los estudiantes en el tránsito de representaciones ingenuas a sistemas de conceptos y modelización de variables. El diseño de estos ambientes debe permitirles a los aprendices a interrelacionar la situación real y las formas muy variadas de representarlas con una imagen mental que los ayude a resolver nuevas situaciones. El avance en las investigaciones y desarrollo de dispositivos tangibles están mostrando su factibilidad para apoyar a los estudiantes a desarrollar representaciones más cercanas a los modelos de la ciencia, (SHAER; HORNECKER, 2010; HILTON; HONEY, 2011).

El estudio del plano inclinado sigue siendo una experiencia clásica en los laboratorios de ciencias, de física o de mecánica, dependiendo del nivel educativo: primaria, secundaria o universitaria; pero cada vez con más dificultad, entre otras cosas, por los altos costos de materiales y equipos (GONZÁLEZ, 2010; GUILLARÓN *et al.*, 2013) y más aún, cada vez es menos frecuente disponer de dispositivos de medición precisos suministrados por empresas como Phywe® y Pasco® (VOGT; KUHN, 2014) para países como Venezuela. Sin embargo, González (2010) destaca que existen dispositivos electrónicos con sensores para la obtención de magnitudes físicas útiles para usarlos en prácticas de laboratorio.

También hay que destacar varias investigaciones utilizando el control de mando del Wii (*Wiimote*) como dispositivo tangible en experimentos de física: a) se validó la factibilidad del uso del *Wiimote* en un experimento de péndulo simple (VANNONI; STRAULINO, 2007),

b) se usó el *Wiimote* como reforzamiento del concepto de vector (KAWAN; KOUH, 2011), c) se evaluó la conservación del momento angular y lineal, y la medición de la constante gravitacional usando el control del *Wii* (TOMARKEN y *et al.*, 2012), d) se estudió la caída libre de un cuerpo con el uso de esta herramienta (ABELLÁN *et al.*, 2013). Igualmente se hace mención de otros trabajos usando el *Wiimote* en varias experiencias de física (ROONEY; SOMERS, OCHOA, 2011; ERICKSON; OCHOA; OCHOA, 2013). También se desarrollaron sistemas experimentales con el apoyo de este dispositivo en Laboratorio personal de bajo costo de González (2010) y MotionLab de Andrés-Gutiérrez *et al.* (2010).

No obstante, estas experiencias no han estudiado el uso de este dispositivo en un plano inclinado ni mostrado las opiniones de estudiantes para validar el uso de esta herramienta en experiencias de laboratorio de física para un curso de pregrado. En este sentido, este trabajo verificó la factibilidad de usar el *Wiimote* en el montaje de una práctica de laboratorio de física del Instituto Universitario de Tecnología del Estado Bolívar (IUTEB), Venezuela. La experiencia consistió en utilizar el *Wiimote* para capturar los cambios de posición a medida que un móvil se desliza sobre un carril en un plano inclinado. A partir de esta experiencia, a) se validó la representación gráfica del cambio de posición versus el tiempo, b) se verificó el valor de la aceleración a partir de la gráfica y se comparó con el modelo teórico y c) se evaluó la experiencia para su recomendación como práctica dentro del laboratorio de física a partir de los comentarios realizados por los estudiantes.

## II. Marco teórico de referencia

En la actualidad hay mucho consenso en la construcción de una visión de la metodología científica adecuada (BARKOVICH, 2014), que busque desarrollar las representaciones mentales en los estudiantes. Este mismo autor destaca que el aprendizaje se da cuando el material de aprendizaje es potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del estudiante.

De acuerdo a Pozo (1999), las personas adquieren representaciones sobre el mundo que les permiten detectar regularidades para predecir y controlar el ambiente, pero esto ocurre en forma implícita. Todo sucede de manera informal y las personas no están conscientes de sus modelos elaborados.

Por otro lado, la realidad es muy compleja y no se puede pasar directamente desde la percepción común y del comportamiento práctico a la descripción científica y visión teórica acabada, (ADRIÁN; ESCUDERO, 2011). Por eso, es por todos conocidos el escaso logro de los modelos transmisivos y de recepción (IGLESIAS; OLIVA; ROSADO, 1989). Pero, por otro lado, los modelos didácticos basados en la enseñanza por descubrimiento tampoco han tenido éxito.

De acuerdo a Holmquist *et al.* (2010) conceptualizar la cognición y el aprendizaje como fenómenos encarnados y situados permiten establecer que el pensamiento y la adquisición de conocimiento están entrelazados. En este sentido, la construcción del conocimiento

depende de las personas (su estructura cognitiva previa) y de los objetos que nos rodean (la potencialidad significativa) y cómo éstos últimos median entre las personas y el mundo físico.

El modelo de Holmquist *et al.* (2010) sostiene que los procesos cognitivos dependen de nuestros cuerpos físicos y de nuestras relaciones con los materiales usados para mediar con nuestro mundo físico y social. En esta dirección, sostienen Fernaeus, Tholander, Jonsson (2008) que pueden usarse las acciones humanas, como correr saltar o jugar para representarlas digitalmente en diferentes formas con énfasis en la acción y no tanto en la representación y transformación de la información.

Fernaeus, Tholander, Jonsson (2008) promueven un modelo de interacción que coloca el énfasis en la representación de la acción humana y poco énfasis en la representación y transformación de la información. Ellos hablan de cambiar la perspectiva centrada en la información a una perspectiva centrada en la acción y para ello sugieren la tecnología interactiva tangible. Esta tecnología está referida, de acuerdo a los autores, al cumplimiento de ciertas características: a) debe ser manipulable físicamente, b) tener capacidad de ubicarse en cualquier contexto, referencia y compartirse socialmente, c) estar dirigida a la experiencia sensorial y perceptiva y d) tener capacidad de mediarse digitalmente.

De acuerdo a Goldberg, Otero, Robinson (2010), una de las dificultades con las que se topa el profesor en el diseño de la instrucción es contar con herramientas o dispositivos que permitan a los estudiantes transitar desde sus representaciones previas a las representaciones científicas. Por otro lado, se destacan que avances y desarrollo en el área de la interacción humano-computadora y más específicamente, el desarrollo de interfaz de interacción tangible, muestran su potencial en ayudar a los jóvenes a visualizar representaciones abstractas manipulando objetos concretos (PERSSON; MYLONOPOULOU, 2014).

### **III. Descripción de la experiencia, de los materiales y equipos usados**

La experiencia del plano inclinado está desarrollada como una práctica de laboratorio de física para estudiantes de un programa de formación en ingeniería mecánica en el IUTEB. El montaje está diseñado para que los estudiantes capturen los tiempos para diferentes distancias que se deja caer un móvil sobre un carril. La mayor parte del tiempo que tienen los estudiantes en el laboratorio se lleva en la preparación de los equipos y materiales necesarios para capturar los datos. El procesamiento y los cálculos necesarios son elaborados en equipos formados desde sus casas para presentarlos en un informe de laboratorio. Los resultados de este método tradicional son: a) desmotivación de los alumnos por el excesivo control de las variables intervinientes, b) desinterés de los estudiantes por el tiempo empleado en llenar tablas de datos que no les permite la visualización de las magnitudes involucradas, c) frustración del profesor por el bajo rendimientos de sus estudiantes. Por lo tanto, se diseñó una experiencia de laboratorio que involucrara un dispositivo tangible (el *Wii mote*) y el desarrollo de la práctica mediada por el computador.

El *Wiimote* es el controlador remoto de la consola del juego de video de Nintendo® *Wii*. Este dispositivo permite al jugador controlar de forma remota los movimientos del juego a partir de una comunicación inalámbrica con tecnología *Bluetooth*®. El *Wiimote* cuenta con un acelerómetro de 3 ejes para medir la aceleración de la gravedad y una cámara de 128x96 pixel monocromática con un filtro para captar la luz infrarroja de cualquier fuente para medir la posición del mando.

Por otro lado, se necesitó del *Wiimote Physics*, este es una aplicación desarrollada por Wheeler (2010) bajo ambiente de Windows que visualiza los datos del acelerómetro y la posición del mando en tiempo real. Además, permite la captura de los datos en un archivo que puede ser leído por cualquier herramienta de procesamiento de datos y hoja de cálculo. Fue necesario también utilizar la barra de luces infrarroja y disponer de un dispositivo *Bluetooth*® en el computador que permitiera la comunicación entre el *Wiimote* y la aplicación *Wiimote Physics*.

Se entrenó brevemente a 5 (cinco) estudiantes que se prestaron voluntariamente para evaluar el nuevo montaje de la práctica de plano inclinado. Ellos ya habían elaborado la práctica de plano inclinado a través del método tradicional de montaje, control, proceso de medición del ángulo de inclinación, de la longitud y la toma de tiempos con varias repeticiones, llenado de tablas, procesamiento de los datos y presentación de un informe.

En esta oportunidad, hicieron el mismo montaje, pero utilizando para la captura de los datos y visualización de la representación gráfica, los equipos mencionados anteriormente. Los estudiantes manifestaron tener conocimiento básico del manejo de hojas de cálculo por haber cursado una asignatura de informática. Luego de la realización de la práctica, se organizó una sesión de grupo focal con los estudiantes moderado por el profesor. En esta sesión, ellos expresaron libremente sus opiniones en relación la visualización, representación e interactividad de la práctica asistida por el computador y también, su contribución al conocimiento conceptual y procedimental.

#### **IV. Análisis y discusión de los resultados**

Atendiendo a los objetivos investigativos de la experiencia, se realizaron los análisis correspondientes y se discutieron los resultados:

a) los estudiantes durante el trabajo de laboratorio tomaron los datos de posición y tiempo de un móvil sobre un carril inclinado (Ver Fig. 1). Con apoyo en la aplicación, los estudiantes capturaron 100 datos por segundos que les permitieron dibujar la gráfica en una hoja de cálculo y ajustar la línea de tendencia. La Fig. 2 muestra la gráfica y con ello se validó la representación gráfica del cambio de posición contra el tiempo. Se observa un ajuste de más de un 99% asegurando que la relación entre las magnitudes es cuadrática.



Fig. 1 – Montaje que muestra los equipos e instrumentos.

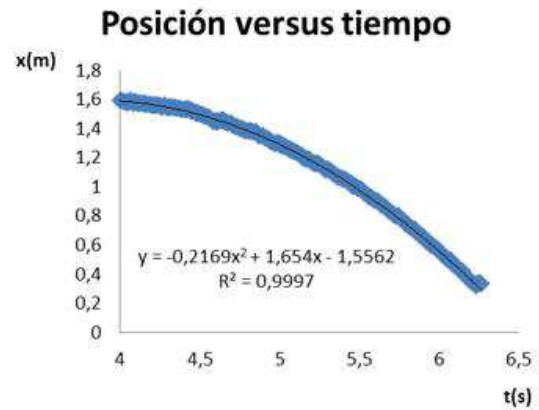


Fig. 2 – Gráfica de la posición versus tiempo.

b) Los estudiantes compararon el ajuste de la gráfica con el modelo teórico de una partícula puntual moviéndose sobre un plano inclinado de acuerdo a la ecuación (1)

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (1)$$

Determinaron que el valor de la aceleración es de  $-0,434 \text{ m/s}^2$ . Los estudiantes compararon este valor experimental con respecto a su valor teórico expresado por la ecuación (2).

$$a = g \cdot \text{sen}\theta = g \cdot \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}} \quad (2)$$

Tomaron datos de la altura=10 cm (cateto opuesto al ángulo de inclinación) y la longitud=228.5 cm (hipotenusa), para sustituir  $\text{sen}\theta$ . Calcularon que el valor teórico es de  $-0,429 \text{ m/s}^2$ . A continuación calcularon el porcentaje de diferencia entre el valor medido y el valor teórico con la siguiente ecuación (3).

$$\text{Porcentaje de diferencia} = \left| \frac{\text{teórico} - \text{medido}}{\text{teórico}} \right| \times 100 \quad (3)$$

Obtuvieron que el porcentaje de diferencia fue de 1,17%. Este valor corresponde a un resultado muy aceptable.

c) Por último, se indagó la opinión de los estudiantes en relación a la visualización, representación e interactividad del montaje y del uso de la aplicación que capturaba los datos. Por otro lado, se quiso conocer acerca de la contribución de la actividad a su aprendizaje conceptual: aceleración, posición y velocidad; y aprendizaje procedimental: predicción, exploración, experimentación. A pesar de lo escaso de la muestra por las circunstancias fortuitas, los estudiantes manifestaron: 1) sentirse muy atraídos por la rapidez de la captura de datos, 2) estar satisfechos por la visualización en tiempo real sobre la pantalla del computador de la gráfica de posición y tiempo, 3) entendimiento por el cambio de sistema de referencia, ya que

hicieron variaciones de la barra de luces infrarroja para que el móvil se acercara o se alejara, y visualizaron en tiempo real el cambio de la representación gráfica, 4) superación de una idea previa que les impedía distinguir apropiadamente los conceptos de velocidad y aceleración (realizaron variaciones para diferentes ángulos permitiendo hacer predicciones y su verificación fue de inmediato), 5) su satisfacción por todos reconocidos y su conclusión fue que recomendarían el uso de este montaje para la práctica de plano inclinado.

## V. Consideraciones finales

En virtud de los avances tecnológicos en relación a los dispositivos tangibles dentro del área de interacción humano-computadora, se diseñó una experiencia para estudiar el plano inclinado en el laboratorio de física del IUTEB usando el control de mando del juego de video *Wii*, la barra de luces infrarroja, el computador y una aplicación de captura de datos llamada *Wiimote Physics*. La finalidad fue verificar la factibilidad de utilizar tales equipos y evaluar la opinión de un grupo de estudiantes. Los hallazgos fueron los siguientes: a) la representación de la gráfica de posición y tiempo de un móvil que baja por un plano inclinado fue de una línea polinómica de grado 2 con un ajuste de casi 100%, b) la diferencia porcentual entre el valor medido de la aceleración del móvil y el teórico fue de menos de 2% y c) los estudiantes manifestaron una valoración positiva de los nuevos equipos, su utilidad y contribución a su aprendizaje conceptual y procedimental.

Se tiene el interés en ajustar el montaje de la experiencia de plano inclinado a un diseño pedagógico que: a) indague las ideas previas de los estudiantes y que ellos puedan verificarlas. En este sentido, se podría apoyar en otra tecnología tangible como el teléfono celular inteligente para medir la presión atmosférica y precisar la concepción histórica y el valor de la aceleración debido a la gravedad, b) permita la exploración de los estudiantes por cambios de móviles de diferentes masas, c) promueva en los estudiantes diferentes formas de representar el conocimiento para desarrollar una imagen que puedan usar para nuevas experiencias. Por otro lado, diseñar otros montajes usando el mismo dispositivo.

## Agradecimientos

Al grupo de estudiantes que trabajaron desinteresadamente durante dos sesiones de dos horas para el desarrollo de la práctica de laboratorio y para la sesión del grupo focal.

## Referencias

ABELLÁN, F. J.; ARENAS, A.; NÚÑEZ, M. J.; VICTORIA, L. The use of a nintendo wii remote control in physics experiments. **European Journal of Physics**, v. 34, n. 5, p. 1277-1286, 2013.



ADRIÁN, J.; ESCUDERO, C. El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 29, n. 3, p. 371-380, 2011.

ANDRÉS-GUTIÉRREZ, J. J.; GONZÁLEZ, M.; GÓMEZ, D. Z. **MotionLab**. En Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE (1499-1506). IEEE, 2010.

BARKOVICH, M. El aprendizaje significativo de la mecánica considerada como una estructura compleja. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 8, n. 1, p. 60-64, 2014.

ERICKSON, M.; OCHOA, R.; OCHOA, C. The wiimote playground. **The Physics Teacher**, v. 51, n. 5, p. 272-275, 2013.

FERNAEUS, Y.; THOLANDER, J.; JONSSON, M. Beyond representations: Towards an action-centric perspective on tangible interaction. **International Journal of Arts and Technology**, v. 1, n. 3/4, p. 249-267, 2008

GOLDBERG, F.; OTERO, V.; ROBINSON, S. Design principles for effective physics instruction: A case from physics and everyday thinking. **American Journal of Physics**, v. 78, n. 12, p. 1265-1277, 2010.

GONZÁLEZ, M. A. **Laboratorio personal de bajo costo (LPBC). Una herramienta para el aprendizaje en el área de la ingeniería**. En Recursos Digitales para la Educación y la Cultura: Volumen SPDECE/ Manuel E, Prieto, Juan M. Doderó, Daniel O. Villegas Editores. España, 2010.

GUILLARÓN, J.; LOURENÇO, A.; MÉNDEZ, L.; HERNANDES, A. Alcances y limitaciones actuales de la actividad experimental en las escuelas de enseñanza media de la provincia Santiago de Cuba: criterios de alumnos y profesores. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 7, n. 1, p. 107-117, 2013.

HILTON, M.; HONEY, M. A. (Eds). **Learning Science through Computer**. Games and Simulation. National Academies Press, 2011.

HOLMQUIST, L. E.; JU, W., JONSSON, M.; THOLANDER, J.; ASMET, Z.; SUMON, S.I.; WINOGRAD, T. **Wii Science: Teaching the laws of nature with physically engaging video game technologies**. In CHI 2010 Workshop: Video games as researchs instruments, Abril, 2010.

IGLESIAS, A.; OLIVA, J. M.; ROSADO, L. Propuesta de un modelo constructivista para la enseñanza/aprendizaje de la física en educación secundaria. **Revista de Educación**, n. 289, p. 333-356, 1989.

KAWUAN, A.; KOUH, M. Wiimote experiments: 3D inclined plane problem for reinforcing the vector concept. **The Physics Teacher**, v. 49, n. 8, p. 508-509, 2011.

PERSSON, M.; MYLONOPOULOU, V. Unsolicited: A study on the attitudes of Swedish teachers regarding the inclusion of tangible and non-tangible ICT, 2014.

POZO, J. I. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 501-520, 1999.

ROONEY, F.; SOMERS, W.; OCHOA, R. Using the wiimote en introductory physics experiments. **The Physics Teacher**, v. 49, n. 1, p. 16-18, 2011.

SHAER, O.; HORNECKER, E. Tangible user interfaces: past, present and future direction. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 3(1/2), 1-37, 2010.

TOMARKEN, S. L.; SIMONS, D.; HELM, R.; JOHNS, W.; SCHRIVEN, K.; WEBTER, M. Motion tracking in undergraduate physics laboratories with the wii remote. **American Journal of Physics**, v. 80, n. 4, p. 351-354, 2012.

VANNONI, M.; STRAULINO, S. Low-cost accelerometers for physics experiments. **European Journal of Physics**, v. 28, n. 5, p. 781-787, 2007.

VOGT, P., KUHN, J. Acceleration sensors of smartphones. **Frontiers in Sensors**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2014.

WHEELER, M. **WiiMote Physics**. **Codeplex Open Source Community**. 2010. Disponible en: <<http://wiimotephysics.codeplex.com/>>.