

LA EXPERIMENTACIÓN EN EL AULA CON ARDUINO Y CASIO

EXPERIMENTING IN THE CLASSROOM WITH ARDUINO AND CASIO

Fredy de la Cruz Urbina, Hipólito Hernández Pérez, Sergio Raymundo, Betanzos Sarmiento
Telebachillerato en Chiapas. (México)
frecu@hotmail.com, polito_hernandez@hotmail.com, ing_sergiobetanzos@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo se estructuró para docentes y alumnos con el objetivo de resignificar en el salón de clases el valor de la constante de la aceleración de la gravedad, con el uso de tecnología. Este taller está centrado en un marco de modelación-graficación de fenómenos, se diseñó una secuencia didáctica para calcular el valor de aceleración de la gravedad (g) con el fin de desarrollar el pensamiento y lenguaje variacional en los participantes quienes serán los principales actores para su significación. Asimismo, exponemos el potencial de la tecnología usada para el diseño de situaciones didácticas que buscan modificar el discurso bajo el cual se difunden las matemáticas escolares y con el apoyo de la tecnología que brinda Arduino y Casio en la labor docente. El resultado del taller se valida con las argumentaciones y evidencias de los participantes de estas propuestas tecnológicas.

Palabras clave: Resignificación, gravedad, tecnología, modelación – graficación

Abstract

This work was structured for teachers and students with the aim of re-signifying the constant value of the standard gravity, using technology, in the classroom. This workshop is focused on a phenomenon modeling-graphing framework. A didactic sequence was designed to calculate the standard gravity (g) value in order to develop thinking, and variational language in the participants who will be the main actors to its signification. Likewise, we present the potential of the technology used for the design of didactic situations intended to modify the discourse under which school mathematics is disseminated and with the support of the technology that Arduino and Casio provide for teaching. The result of the workshop is validated with the arguments and evidence by the participants of these technological proposals.

Key words: Resignification, gravity, technology, modeling – graphing

■ Introducción

Hoy día el avance de la tecnología se está desarrollando en todos los campos, desde el uso en áreas industriales, en el hogar y en el campo educativo. Por ello, se cree que deben proponerse alternativas en el discurso escolar que incorporen el diseño de experimentos con el uso de dispositivos tecnológicos cuya finalidad sea que los estudiantes resignifiquen el conocimiento.

La Modelación - graficación (Suárez, 2008; de la Cruz, 2015) permite la construcción del conocimiento matemático a través de una interacción de los participantes con la situación y el uso de la tecnología, en nuestro caso particular, el estudio del periodo de un péndulo y el análisis de la representación gráfica del fenómeno para obtener el valor de la constante de la aceleración de la gravedad. Por ello, el presente reporte da cuenta de la situación didáctica del péndulo simple con el uso de la placa Arduino y calculadoras graficadoras Casio, que en ambos casos permiten el uso de sensores para recopilar los datos requeridos y obtener el valor de la gravedad con estudiantes y profesores que participaron en el taller presentado en la RELME 33.

La problemática que se atiende es que comúnmente en el discurso escolar del bachillerato mexicano el valor de la gravedad g es una constante asignada, no se cuestiona su naturaleza y en la que existen pocos significados al respecto. Se cree que para significar la constante de gravedad es necesario proveer a los estudiantes actividades que partan de la experimentación de fenómenos en donde pongan en juego el descubrimiento.

■ Marco teórico

Una de las tareas de la Matemática Educativa es cuestionar el *discurso* que permea la matemática escolar. En la Matemática Educativa, el *discurso Matemático Escolar* (dME) es un constructo que “consensua y valida la construcción de la matemática escolar a través de las estructuras y los conceptos matemáticos” (Cordero, Gómez, Silva-Crocci y Soto, 2015, p. 50); en consecuencia, norma las formas en que los actores didácticos se relacionan con el saber.

En particular, al seno de la Matemática Educativa la visión teórica socioepistemológica sostiene que la introducción del conocimiento matemático al sistema de enseñanza origina *discursos* que buscan facilitar la comunicación de ideas, empero provoca una pérdida de sentido y significado original de dicho conocimiento matemático puesto que su difusión institucional lo obliga a una serie de modificaciones ocasionando que se despersonalice y descontextualice (Cantoral, 2013). Estos *discursos* van conformando, junto con los currículos y los modelos educativos, una epistemología dominante que impone argumentaciones, significados y procedimientos matemáticos soslayando el conocimiento sociocultural situado.

En este sentido, el dME tradicional resulta hegemónico, se mantiene ajeno a la construcción social del conocimiento matemático y carece de marcos de referencia para dar significado al conocimiento. Por ello, en la búsqueda de un conocimiento matemático escolar que se incorpore de manera funcional a la vida del alumno, el dME debiera considerar los contextos sociales y culturales, las comunidades y las situaciones específicas de donde emerge el conocimiento matemático y que no olvide que los seres humanos pertenecen a una cultura, a una institución, a una sociedad; ellas contribuyen e imponen significados y usos al conocimiento matemático (Cordero et al., 2015). Según Cantoral (2013) el dME no se reduce solamente a los contenidos y a los métodos de enseñanza-aprendizaje, sino que se extiende “al establecimiento de bases de comunicación y a la formación de consensos, así como a la construcción de significados compartidos de los objetos y los procesos matemáticos” (p. 64).

La postura socioepistemológica considera que la matemática no es una ciencia que surge aislada de la sociedad, sino inmersa en ella y por lo tanto recibe influencias fuertemente basadas en el pensamiento,

las necesidades y características del escenario en que se desarrolla. De esta manera, es que el contexto social, cultural e históricamente determinado actúa como parte indiscutible de este proceso de nacimiento, desarrollo y evolución de la ciencia, debiendo tenerse en cuenta que el conocimiento no surge en escenarios escolares, hecho que, por lo tanto, debe tenerse en cuenta en la construcción del discurso matemático escolar (Crespo, 2007, pp. 9-10).

Como una manera de atender esta problemática, la Socioepistemología propone un Rediseño del Discurso Matemático Escolar basado en una epistemología de prácticas y el uso del conocimiento como base de significación para la matemática escolar (Cantoral, 2013; Buendía, 2012). Por esto, con este marco la situación didáctica que se elabora es una resignificación de cierto conocimiento. “A través de la resignificación se ha permitido establecer diferentes categorías de conocimiento matemático que permiten establecer relaciones funcionales entre los diferentes tópicos que integran el saber matemático, una de esas categorías es el binomio graficación - modelación” (Morales y Cordero, 2014, p. 327).

Para el desarrollo de nuestra propuesta se retoma la categoría de modelación-graficación.

La categoría de Modelación Graficación (M-G) es una aportación de Suárez (2008) para la modelación escolar. A partir del estudio de la *Figuración de las cualidades* de Oresme, la autora conformó un marco socioepistemológico de la modelación y graficación para resignificar el cambio y la variación a través de los fenómenos de movimiento. Con los elementos que identifica del trabajo de Oresme, Suárez plantea un nuevo estatus para la modelación y la graficación conformando la categoría de Modelación-Graficación; la cual está compuesta por: *datos epistemológicos de la modelación del movimiento, los elementos propios de la modelación y las argumentaciones conformadas por significados, procedimientos y procesos-objetos*. Los elementos epistemológicos de la categoría de Modelación-Graficación comprende: realizaciones múltiples, identificación de patrones, realización de ajustes y desarrollo del razonamiento. Estos elementos quedan articulados tal y como se aprecia en la figura 1.

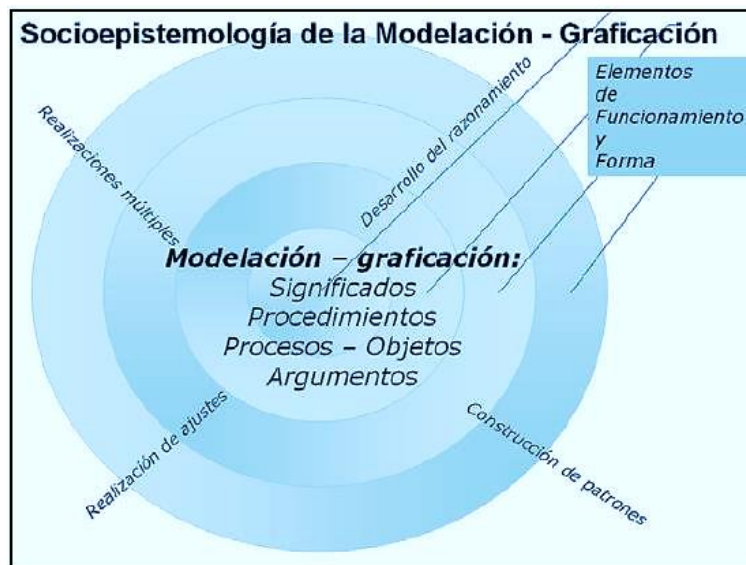


Figura 1: Socioepistemología de la modelación-graficación (Suárez, 2008, p. 85)

Considerando estos referentes teóricos-metodológicos se propone una secuencia didáctica para la resignificación de la constante de gravedad g , mediante la situación del péndulo simple y la categoría de Modelación-Graficación con

el uso de dispositivos tecnológicos. Con ello se espera “ampliar esquemas explicativos para enriquecer la matemática escolar y que esta se muestre como funcional y articulada” (Buendía, 2012, p. 27). En este contexto, la interacción y experiencia de los participantes con la situación es trascendente para la construcción y significación del conocimiento, como mencionan Rey-Herrera y Candela (2013): “la construcción de los contenidos científicos escolares se vuelve más significativa en la medida en que tenga mayor cantidad de relaciones con las experiencias personales de los participantes del aula” (p. 59).

■ Metodología

Como ya se comentó la secuencia didáctica que se propone está sustentada en la Modelación-Graficación de fenómenos en donde se realizan múltiples realizaciones y mediciones en tiempo real sobre las variables del fenómeno. Se analiza el fenómeno a través de sus formas de representación: numérico, gráfico y algebraico, quienes se constituyen en herramientas para argumentar e intervenir en el fenómeno (Suárez, 2008; de la Cruz, 2015). Por otra parte, la participación del público (en este caso los participantes del taller) es de gran relevancia, puesto que, las experiencias personales, el contexto y las necesidades influyen en la construcción del conocimiento en situaciones escolares (Rey-Herrera y Candela, 2013; Crespo, 2007).

Haciendo referencia a este marco conceptual se ha diseñado una secuencia didáctica que nos permite resignificar la constante de aceleración de la gravedad g a través de la Modelación-Graficación del péndulo simple con el uso de dispositivos tecnológicos (Calculadoras graficadoras Casio y placa de desarrollo Arduino con sus respectivos sensores), en la que, los participantes son los principales actores para su significación. Asimismo, otro de los fines es mostrar a los participantes el potencial de la tecnología usada para el diseño de situaciones didácticas y de esta manera modificar el discurso bajo el cual se difunden las matemáticas escolares.

Es importante mencionar que como antecedentes se había experimentado con estudiantes de ingeniería el cálculo de la constante de la gravedad. Se usó un péndulo con diferentes longitudes (L) y considerando un cronómetro y cinta métrica, se sustituyeron los datos en la fórmula del periodo de un péndulo dado como:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}, \text{ o bien } g = 4\pi^2 \left(\frac{L}{T^2}\right)$$

Los datos obtenidos se registraron en una tabla, posteriormente se analizaron con el software Excel para obtener una regresión de los datos y posterior a ello la pendiente como se muestra en la figura 2. Cabe mencionar que el periodo T es el tiempo promedio que tarda una oscilación, en todos los casos se consideraron diez oscilaciones para reducir el error. En la gráfica cartesiana el eje y representa el periodo T elevado al cuadrado, el eje x representa la longitud L de la cuerda. Esta significación se logró mediante la ecuación $g = 4\pi^2/m$, donde $m = \frac{T^2}{L}$ es la pendiente de la recta.

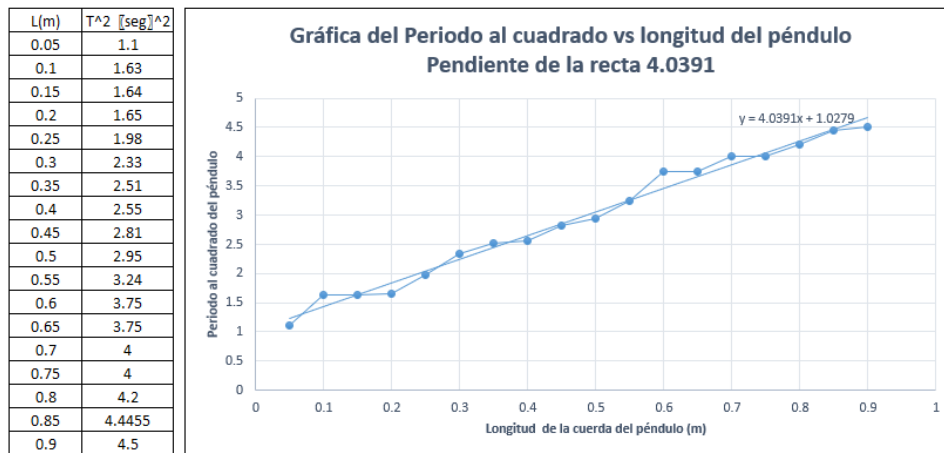


Figura 2. Valores obtenidos para encontrar la pendiente y encontrar la constante de gravedad g

Se observó que la aproximación al valor convencional de la gravedad depende de la calidad de los datos. Entre más datos minuciosos se logren tomar en este experimento; es decir, longitud, tiempo y periodo de oscilaciones, habrá una mayor posibilidad de encontrar un valor de pendiente que arroje una mejor aproximación al valor de la constante de la gravedad $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, valor que se utiliza actualmente en el Sistema Internacional de Medidas SI.

Posteriormente, el taller fue pensado para docentes que imparten las materias de matemáticas o física en diversos niveles educativos: secundarias, nivel medio o superior, asimismo para el público en general interesado en la ciencia y tecnología. El taller contempla cuatro momentos, estos se desarrollan en equipos. Cada equipo se le dota de una cinta métrica, una esfera, una cuerda y un vernier, se supone cada equipo cuenta con un cronómetro en su teléfono móvil.

- Momento 1: Realizar la modelación del péndulo simple de forma manual, es decir se miden los tiempos con un cronómetro para la obtención del periodo. Se mide la cuerda con una cinta métrica.
- Momento 2: Comprende una introducción sobre la programación de la placa de desarrollo Arduino, sus componentes y aplicaciones aterrizadas a la experimentación del péndulo simple. Se realiza la Modelación-Graficación del fenómeno en una secuencia de pasos: *realizaciones múltiples, identificación de patrones, realización de ajustes y desarrollo del razonamiento.*
- Momento 3: Comprende una introducción sobre el uso de la Calculadora Casio Fx-Cp400 o Classpad II. Específicamente, se presentan las funciones que se utilizan para la modelación del péndulo simple. Se realiza la secuencia de Modelación-Graficación del péndulo simple con esta tecnología.
- Momento 4: Se reflexiona en plenaria sobre la secuencia de Modelación-Graficación del péndulo simple y de las tecnologías empleadas para su implementación en el aula.

Esta propuesta fue implementada en diciembre 2018 en la Escuela de Invierno de Matemática Educativa (EIME) en Puebla, México. Allí, los participantes exploraron las bondades del uso de sensores y la placa Arduino en el aula para la matematización de fenómenos, donde el objeto “gráfica” tuvo un rol importante en el estudio del fenómeno para su comprensión e intervención. Los participantes mostraron interés en el uso de esta tecnología y dentro de las dificultades expresaron como una desventaja la programación del microcontrolador Arduino.

Partiendo de esta experiencia para el taller impartido en la Relme 33 se hicieron las adecuaciones pertinentes con el fin de hacer más “amigable” la interacción con los dispositivos tecnológicos, particularmente con la tecnología Arduino. Se buscó minimizar las dificultades relacionadas con Arduino que pueden dar la sensación al participante que es una tecnología difícil de implementar. Como otra alternativa se presentó la calculadora Casio Fx-Cp400 también conocida como Classpad II, el analizador de datos EA-200 y los sensores correspondientes con el fin de que los participantes comparen ambas tecnologías y tengan un panorama más amplio para la experimentación en el aula (ver figura 3).



Figura 3: Tecnología Casio. Analizador de datos EA-200 y calculadora Casio Fx-Cp400

Como otra mejora al curso, se rediseñó una tarjeta que embona con la placa Arduino Uno R3 (las placas que embonan con Arduino se les conoce como *shields* por su significado en inglés) y que hace más fácil la tarea de conexión con los sensores Arduino utilizados (figura 4).

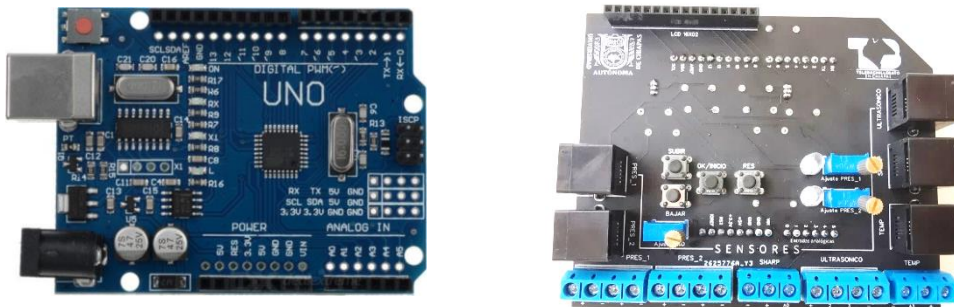


Figura 4: Arduino uno R3 y *shield* para la experimentación

En ambas tecnologías se usaron sensores específicos de acuerdo con las necesidades de Modelación-Graficación del péndulo simple. En el caso de Casio un sensor óptico que es sensible a la luz y para el caso de Arduino un sensor de presencia que consta de un emisor y un receptor (el emisor es un led infrarrojo y el receptor es un fototransistor) y un sensor de distancia SHARP para la obtención de la gráfica (figura 5).

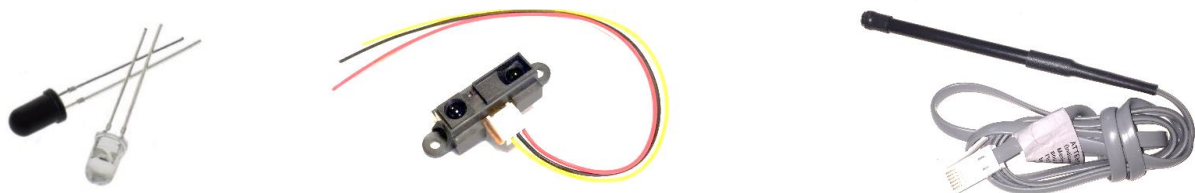


Figura 5. Sensores: Emisor-Receptor de Luz, Sharp y sensor óptico de Casio

Las mediciones de los periodos y de las longitudes de las cuerdas de los péndulos se anotaban en la calculadora Casio en una actividad precargada que efectuaba las operaciones de manera automática y que guiaba a los participantes a través de la secuencia didáctica (función e-activity). Esta secuencia contempla tanto la medición manual como con el sensor Casio y el sensor de Arduino.

Los participantes más adelante en las actividades incorporaron el uso de sensores de Arduino y Casio con la finalidad de obtener datos más precisos en el mismo experimento. El uso de estos sensores dio tiempos más precisos para el periodo y como consecuencia, en el cálculo de la gravedad. Se pudo confirmar la exactitud de los instrumentos utilizados al acercarse a la constante g con mayor precisión. Otro objetivo del taller fue utilizar estos datos para la obtención de la gráfica de posición del péndulo en la cual los participantes mostraron gran interés al ver que se podía generar una tabla para después analizarla con la calculadora o con la computadora y obtener el periodo a través de la misma (figura 6).

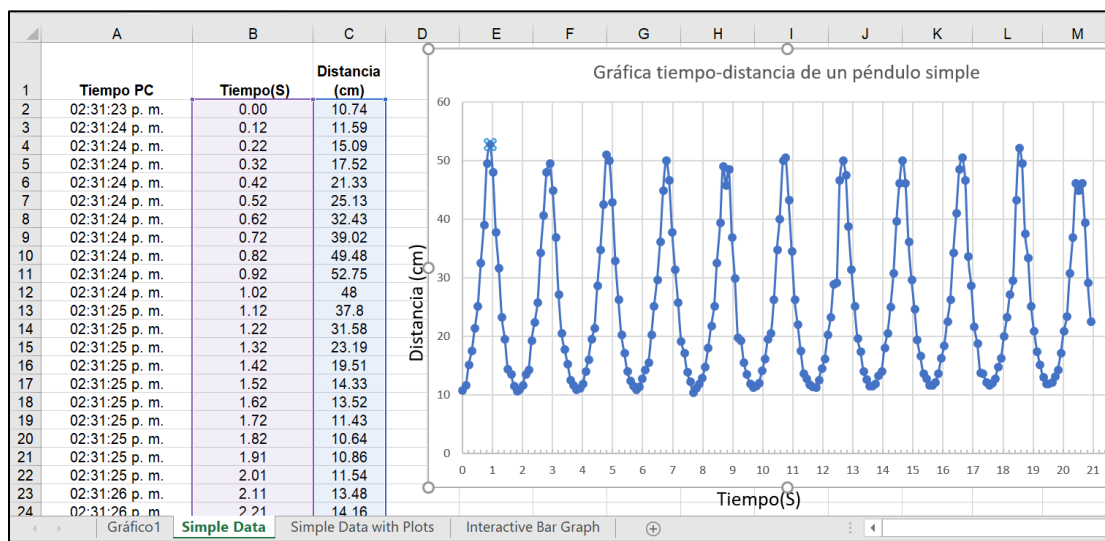


Figura 6. Datos y gráfica de posición en Excel obtenidos con Arduino

De la figura anterior y con el uso de Excel o la calculadora ya que se pueden exportar los datos a la misma y trabajar allí, es posible calcular el periodo dado que tenemos los tiempos de las distancias máximas o mínimas y sustituirla en la fórmula para obtener g . De estas actividades realizadas tanto con Arduino y Casio se espera que los participantes valoren ambas tecnologías de acuerdo con sus necesidades específicas y hagan sus propias valoraciones para futuros proyectos o diseño de secuencias en el aula.

Resultados

Los participantes argumentan que el periodo de las oscilaciones que se generaron al mover el péndulo de su punto de equilibrio no dependía de su masa ni de su amplitud de movimiento sino de la longitud (L) de la cuerda a la cual estaba sujeta. Los participantes mencionan que el uso de herramientas tecnológicas permite mejor toma de datos y mayor precisión. El fenómeno de oscilación del péndulo se aprecia más porque la calculadora graficadora o bien los sensores del Arduino permiten observar el comportamiento físico en tiempo real del movimiento en tanto su posición, velocidad y tiempo, a diferencia de usar solo cronómetro.

Entre más tomas de muestras se tengan habrá una mayor posibilidad de encontrar un valor de la pendiente (T^2/l) que ayude a mejorar la aproximación del valor de la constante de la gravedad que se utiliza actualmente en el Sistema Internacional de medidas (SI). Con esta experimentación (ver figura 2) los participantes obtuvieron un valor de la constante de gravedad de 9.774 m/s^2 . En tanto que otros grupos obtuvieron un valor de $g = 9.63 \text{ m/s}^2$.

Es así como la tecnología permite visualizar de forma amplia las gráficas que muestran el tiempo, la velocidad y distancia, principalmente y, con esta información numérica o gráfica hacer un análisis del comportamiento del fenómeno mediante los elementos gráficos como: puntos clave, pendientes, concavidad, máximos, mínimos, puntos de inflexión, entre otros. Alternativamente brinda la herramienta de correlación para realizar ajustes a modelos predeterminados y vincular con ello la representación algebraica del fenómeno. Por tanto, se tiene un aprendizaje significativo que favorece que los participantes cotejen las diferencias entre las creencias con que llega a la clase y las leyes que gobierna el mundo real, lo cual mejora el grado de aprendizaje conceptual (Ausubel, 1997).

Asimismo, estas tecnologías, aunque abren el debate sobre la obtención histórica de la constante g donde no existían, permiten al profesor o alumno usarlas para fines prácticos y educativos de modelación-graficación de fenómenos físicos y dar cuenta de que construir conocimiento matemático no es una tarea simple. Otro aspecto para tomar en cuenta es que en escenarios donde se usa la tecnología surgen dificultades al momento de implementarla dado que la tecnología tiene aspectos técnicos a considerar para estar en los rangos operables de la misma. Por ello, el experimento debe contemplar que la variable elegida se presente de manera adecuada. Por ejemplo, en el caso del péndulo las condiciones que se consideraron son: una cuerda de masa despreciable, una base firme sin movimiento y/o rozamiento para el péndulo, instrumentos de medición de distancia adecuados y una amplitud angular menor de 20° . Esto dado que en la experimentación se suele cometer varios errores que afectan la medición de las variables, por lo que el profesor debe definir y tener muy claros sus objetivos para que determine el grado de intervención de los alumnos.

■ Comentarios finales

Como conclusión de las tecnologías implementadas, definimos que la integración de Casio hace posible la experimentación en múltiples escenarios en los que más que programar se configuran acciones que hacen más fácil la experimentación en un primer momento, aunque en la fase de análisis de los datos invertimos tiempo en descartar lo que no ocuparemos. Por otro lado, Arduino no sólo permite automatizar el proceso de inicio y fin de los cálculos minimizando errores entre ellos, sino, exige en un inicio un mayor conocimiento pues se programan en código lo que esperamos ver con los sensores y los datos que ocuparemos del experimento lo que nos permite trabajar más rápido en la fase del análisis de los datos.

Comparando estas tecnologías en ambas se recopilan datos producto de la medición de los sensores, con ellos se puede obtener una tabla de datos o la gráfica correspondiente. Lo que puede influir a la hora de elegir una u otra tecnología es el coste y el nivel de interés de la persona, en el caso de Casio como desventaja presenta su coste comparado con el de Arduino y de los sensores, pero como ventaja tiene menor curva de aprendizaje para poder experimentar con él. Conscientes de ello se realizó un prototipo que facilita conexiones de sensores en Arduino. Con esto se minimizan las dificultades para su utilización en el aula (figura 7). En él se han programado los diferentes sensores que se usaron en el taller y otros que pueden usarse para diferentes situaciones de modelación-graficación, tales como caída libre, movimiento rectilíneo, calentamiento y enfriamiento de sustancias, entre otros. Se espera poder socializarlo en la próxima RELME.

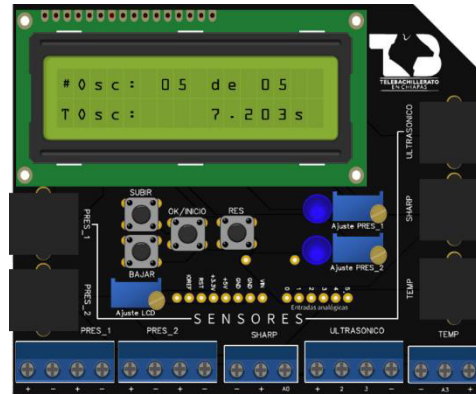


Figura 7. Render del experimento del péndulo en el shield

Desde la experiencia personal en la modelación de fenómenos (de la Cruz, 2015; de la Cruz y Hernández, 2018) y en el presente taller, podemos concluir que la tecnología ofrece herramientas que favorecen la transición entre una forma de representación y otra: numérica, gráfica y algebraica. El uso de dispositivos tecnológicos en situaciones de Modelación-Graficación permite estudiar con más detalle el fenómeno, esto se traduce en una medición más precisa de la variable durante un periodo continuo en tiempo real por sobre mediciones puntuales y escasas, que pueden obtenerse sin tecnología.

Al final del día cada docente elige la tecnología que se adapta mejor a sus necesidades, pueden ser las que presentamos, de otra índole o de otras marcas, pero tenemos plena seguridad que en la dirección que hemos avanzado logramos que los participantes y alumnos resignifiquen la contante g y exploten el potencial que la tecnología tiene para ofrecer sobre otros conocimientos que deseen resignificarse.

■ Referencias bibliográficas

- Ausubel, D. (1997). *Psicología educativa. Un punto de vista activo*. México: Trillas.
- Buendía, G. (2012). El uso de las gráficas cartesianas, un estudio con profesores. *Educación Matemática*, 24(2), 5-31. Recuperado de <http://somidem.com.mx/revista/vol24-2/>
- Cantoral, R. A. (2013). *Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. Estudios sobre construcción social del conocimiento*. Barcelona: Gedisa.
- Cordero, F., Gómez, K., Silva-Crocci, H., y Soto, D. (2015). *El discurso matemático escolar: la adherencia, la exclusión y la opacidad*. Barcelona: Gedisa.
- Crespo, C. R. (2007). *Las argumentaciones matemáticas desde la visión de la Socioepistemología* (Tesis de doctorado no publicada). CICATA-IPN. México. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/705>
- de la Cruz, F. (2015). *Resignificación de la Función Cuadrática a partir de la Modelación-Graficación de fenómenos de movimiento* (Tesis de maestría no publicada). Universidad Autónoma de Chiapas, México.
- de la Cruz, F. y Hernández, H. (2018). Estudio del concepto de función a través de la modelación-graficación en situaciones de movimiento. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 31(2), 1821-1826.
- Hernández, H. y Morales, E. (2017). Uso de la calculadora graficadora y sensor de movimiento como mediador en el aprendizaje de la constante de la gravedad y el péndulo simple. *Revista Pakbal*, 42(2), 34-39.
- Morales, A. y Cordero, F. (2014). La graficación-modelación y la serie de Taylor. Una Socioepistemología del cálculo. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 17(3), 319-345. Suárez, L.

- y Cordero F. (2010). Modelación – graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultados de un estudio socioepistemológico. *Revista latinoamericana de Investigación en matemática educativa*, Relime 13 (4): 319-333.
- Rey-Herrera, J. y Candela, A. (2013). La construcción discursiva del conocimiento científico en el aula. *Educación y Educadores*, 16(1), 41-65. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83428614002>
- Suárez, L. (2008). *Modelación-Graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultados de un estudio socioepistemológico* (Tesis doctoral no publicada). CINVESTAV-IPN, México.