



**XIX COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA**  
*Universidade e Desenvolvimento Sustentável: desempenho acadêmico e os desafios da sociedade contemporânea*

Florianópolis | Santa Catarina | Brasil  
25, 26 e 27 de novembro de 2019  
ISBN: 978-85-68618-07-3



## **Educación STEM como base de competencias científicas de docentes universitarios**

**Horacio E. Bosch**

Facultad Regional Gral. Pacheco, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina  
[hbosch@funprecit.org.ar](mailto:hbosch@funprecit.org.ar)

**Claudio A. Naso**

Facultad Regional Gral. Pacheco, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina  
[naso.utn@gmail.com](mailto:naso.utn@gmail.com)

**Mercedes S. Bergero**

Fundación FUNPRECIT, Argentina  
[msbergero@gmail.com](mailto:msbergero@gmail.com)

### **Resumen**

Durante la presente década se ha intensificado la educación experimental de ciencias, en forma integrada con tecnologías digitales, desarrollos ingenieriles y algoritmos matemáticos, que constituyen la Educación STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Este concepto de educación ha tenido, como consecuencia, una repercusión trascendente en la comunidad de docentes de ciencias y en la pedagogía practicada. Este cambio cultural requiere que los docentes profundicen su desarrollo profesional, a los efectos de incorporar en un el **Aula – Laboratorio** nuevos recursos didácticos. Todo ello implica introducir un cambio en la metodología de trabajo, en la adquisición de nuevos conocimientos y en las prácticas experimentales.

Con el objeto de llevar a cabo este cambio, se ha planificado, como estrategia básica, el desarrollo de Unidades Didácticas cuya estructura difiere de la exposición experta del docente y de la exposición de los textos de libros corrientes y en Internet.

Las Unidades Didácticas desarrolladas cubren los temas curriculares de ciencias físicas, químicas y biológicas de carreras universitarias de ciencias e ingeniería. La estructura cuenta con una organización pedagógica de experiencias centrada en el alumno para que trabaje con sus manos y su mente (pensamiento visible).

**Palabras clave:** Educación; STEM; ciencias; pedagogía

## I. Desarrollo Conceptual metodológico

### ***Introducción***

En la presente propuesta se planifican acciones pedagógicas que son necesarias para adquirir competencias demandadas por la Sociedad. Se propone un cambio de ambientes de aprendizaje centrados en la actividad de estudiantes, incorporando el método de preguntas frecuentes, el cual provoca curiosidad y deseos de saber el porqué de los fenómenos en estudio, lo cual da lugar a pruebas experimentales. Estos ambientes deben equiparse con equipos y sistemas de registro y representación de datos en tiempo real.

### ***Características de las bases de educación científica***

Las instituciones educativas deben impulsar la importancia de la educación científica como medio de adquisición de ***competencias clave***. El objetivo final es facilitar la transición hacia la ***‘educación para la empleabilidad’***.

La educación científica debe ser interdisciplinar (y debe ser extendida a todas las disciplinas). El conductor y el ejecutor de la educación es el docente, por lo tanto, la calidad de la formación docente debe mejorar en los ámbitos didáctico y disciplinar, desde la formación inicial hasta la continua. El Desarrollo Profesional Continuo (DPC) debe convertirse en un requisito y un derecho para todos los profesores a lo largo de su carrera docente.

## II. Educación STEM

### ***Objetivos básicos de la concepción STEM***

- Potenciar la experimentación en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en los distintos niveles educativos (secundario, terciario, universitario).
- Presentar experiencias y recursos didácticos basados sobre la utilización de herramientas actuales (sensores, interfaz, softwares) en el aula-laboratorio.
- Fomentar la realización de talleres adecuados a las necesidades de cada grupo de docentes.
- Propiciar encuentros con docentes para que expresen sus dificultades, modos de enseñanza y vocaciones, a los efectos de desarrollar Unidades Didácticas a medida de sus necesidades de formación y necesidades educativas.

### ***Implantación de Educación STEM en Ambientes de Aprendizaje***

Para implantar la Educación STEM es necesario hacerlo en ambientes de aprendizaje apropiados, donde se apliquen las bases pedagógicas, tal como se describen a continuación.

La Pedagogía se apoya sobre varios pilares, entre ellos, el pilar constituido por una estructura coherente y ordenada de preguntas a medida que docentes y alumnos trabajan (***“inquire-based method”***). Este método incentiva el desarrollo de otras habilidades, como ser:

- Trabajar en grupos, expresar verbalmente y por escrito sus observaciones y respuestas a las preguntas del docente;

- Encarar el enfoque interdisciplinario para la solución de problemas;
- Cambiar el aula clásica por Ambiente de Aprendizaje similar a un aula-laboratorio, donde los alumnos, en grupos, experimentan, miden, aprenden a manejar datos, clasificarlos, representarlos gráficamente e inferir tendencias.

### *Equipamiento para Ambientes de Aprendizaje*

El aula-laboratorio debe estar equipada con equipos, instrumentos y medios para realizar experiencias. Este equipamiento constituye la base de los sistemas de adquisición de datos automáticos al utilizar sensores, interfaces y software adecuados. Con ellos, los estudiantes, aprenden las técnicas que constituyen el corazón de los puestos de trabajo que demanda la Sociedad hoy y para mañana. Se propone integrar el aula-laboratorio con el conocido “*computer-based lab*” constituido por:

- Interfaz multipropósito ligada a la computadora, para cada mesa de trabajo.
- Juego completo de sensores y dispositivos apropiados para medir parámetros físicos, químicos y biológicos.
- Software apropiado para trabajar con datos reales y su representación gráfica.

### *Nuevo tablero interdisciplinario de trabajo*

La educación STEM se caracteriza por la presentación de un nuevo tablero de trabajo para aprender ciencias. Éste permite organizar el trabajo del estudiante con otras herramientas: diseños ingenieriles, nuevas tecnologías, (sensores, interfaz, software específico) que permiten describir modelos de los fenómenos físicos, químicos y biológicos. Es este ambiente el que debe ser familiar a los estudiantes en las disciplinas que conforman el currículo escolar de ciencias.

## **Unidades didácticas STEM**

### *Desarrollo de Unidades Didácticas*

Una forma de transferir conocimiento mediante un procedimiento pedagógico, es a través de la aplicación de *Unidades Didácticas* elaboradas por instituciones específicamente dedicadas a ello (como consorcios educativos), con las cuales docentes y alumnos pueden trabajar conjuntamente. En esta etapa es necesario que los alumnos aprendan a inducir modelos descriptivos del fenómeno en estudio, a través del análisis de datos experimentales, es decir, obtener un nuevo conocimiento a partir de datos reales.

El desarrollo de las Unidades Didácticas está basado sobre los siguientes conceptos:

- Educación centrada en el estudiante, quien debe participar en las experiencias propuestas;
- Educación centrada en preguntas frecuentes, que deben ser contestadas por grupos de estudiantes;
- Enfoque de la función docente como **moderador** del aprendizaje, en lugar de **expositor**;

- Empleo de un nuevo tablero de trabajo para el estudiante, el cual comprende montajes ingenieriles, uso de tecnologías digitales (sensores, interfaz, software apropiado) que permiten obtener datos y, mediante su análisis y tendencias, estructurar algoritmos matemáticos. La función solución de cada algoritmo representa el **modelo** descriptivo del fenómeno observado.

Los autores han investigado sobre el desarrollo de Unidades Didácticas disciplinares correspondientes a temas curriculares, estructuradas pedagógicamente, que cubren el campo de las ciencias naturales. Ellas contienen conceptos sobre nuevos Ambientes de Aprendizaje, el método de preguntas frecuentes por parte del docente, el diseño ingenieril de experiencias, la realización de experiencias con tecnología básica de sistemas automáticos de registro, procesamiento y representación gráfica de datos en tiempo real. Las Unidades Didácticas diseñadas de acuerdo con lo expresado, resultan una sólida base para la adquisición de competencias científicas por parte de docentes.

### ***Estructura de Unidades Didácticas STEM***

La concepción pedagógica está basada sobre los siguientes lineamientos principales:

- Se procura que los estudiantes participen en el desarrollo de experiencias.
- Se introducen conceptos relevantes que promueven que los estudiantes investiguen, piensen y entiendan las ciencias.

El diseño de las Unidades Didácticas tiene la siguiente estructura:

Objetivos de aprendizaje; Ámbito de aprendizaje; Diseño de experiencias; Realización de experiencias; Obtención de datos; Análisis de datos; Modelado del sistema en estudio; Conclusiones de grupos de alumnos.

La obtención de datos experimentales es una tarea interdisciplinaria, de uso de instrumentos, tecnologías, programas computacionales y estadística, para asegurar que la información provista por los instrumentos sea fidedigna y organizada.

Para analizar datos es necesario aplicar criterios estadísticos. Aparte de determinar promedios y desviaciones del promedio, se requiere hacer ajustes de datos mediante una regresión lineal o de otras funciones. Luego tomar decisiones de aceptación o no. Se requiere que haya un ordenamiento o secuencia de acciones y criterios para analizar datos.

Lo importante es transformar esa información de datos en conocimiento, mediante la concepción de un modelo que prediga el comportamiento del sistema en estudio. Este modelo es la verdadera expresión del nuevo conocimiento extraído de datos empíricos.

La enseñanza de modelado constituye una pedagogía en la cual los estudiantes realizan auténticas investigaciones experimentales y explican cómo se representa, por medio de un modelo, el fenómeno observado. El modelado es una de las prácticas fundamentales que constituyen la nueva generación de estándares de enseñanza de las ciencias en el mundo.

### **III. Ejemplo de Unidad Didáctica para enseñanza de física**

Se describe una Unidad Didáctica como ejemplo de cómo se debe enseñar ciencias. En particular, se trata un tema clásico sobre estudio experimental de “Leyes de Newton”, esencial en todo currículo de física de nivel secundario terciario y universitario.

**Sesión de Aprendizaje Activo 1**  
***Experiencias relacionadas con fuerzas que actúan sobre cuerpos y les provocan correspondientes aceleraciones  $a_i$ .***

---

**Objetivos de Aprendizaje**

- Presentar un conjunto autocontenido de experiencias con tecnologías vigentes.
- Realizar una práctica interdisciplinaria conjunta entre docentes y alumnos utilizando herramientas tecnológicas, algoritmos matemáticos, diseños ingenieriles e interpretación física del fenómeno por medio de un modelo.
- Inducir conclusiones de los alumnos como cierre de la Sesión comparando sus predicciones con resultados experimentales.

**Ámbito de aprendizaje**

Estamos en un aula-laboratorio. El docente trabaja con grupos de alumnos en sus respectivas mesas para realizar un estudio experimental con fuerzas actuantes sucesivamente sobre un cuerpo, provocándole correspondientes aceleraciones. Se utilizan instrumentos digitales y sistemas de registro y representaciones gráficas automáticas mediante programas computacionales.

**Disponibilidad de equipos y sensores**

Como resulta obvio, la realización de experiencias con tecnologías actuales implica disponer de sensores, sistemas digitales de interconexión y programas computacionales, lo cual implica una inversión en infraestructura. No es necesario que cada institución educativa haga esta inversión, ya que es posible que varios grupos de docentes puedan utilizar este conjunto de instrumental disponible en cada oportunidad. Se indica el tipo de sensores requerido.

**Actividad 1**

*a) Seleccione del pañol los equipos y sensores a utilizar.*

*(i) Primera elección*

*¿Qué cuerpo de prueba propone para aplicarle fuerzas y provocar su movimiento?*

El pañol de laboratorio dispone de un carro con ruedas de bajo rozamiento y el correspondiente carril sobre el cual se mueve.

*¿Cómo se aplica una fuerza sobre el carro? Diseñe el montaje correspondiente.*

*(ii) Segunda elección*

*¿Qué instrumento se utiliza para medir fuerzas? ¿Cómo se miden fuerzas en el laboratorio utilizando sensores acoplados a un sistema de registro automático?*

El pañol de laboratorio dispone de un sensor o transductor de fuerzas comercial, un instrumento que consta de una placa metálica horizontal fija en un extremo, sobre la cual se adhiere un “*strain gage*” (extensómetro), tal que, al aplicar fuerzas en el otro extremo libre, se flexiona la placa y se estira el “*strain gage*”.

*b) Describa cómo se utiliza este instrumento para la experiencia propuesta*

Se fija firmemente el sensor de fuerzas al carro y se ata al sensor un extremo de un hilo, y el otro extremo, a un cuerpo que cae (indicado en el gráfico 1). El sensor se acopla a una interfaz ligada a una computadora con un programa específico, de tal manera que en la pantalla de la computadora se registra el gráfico de valores de fuerzas aplicadas al cuerpo  $C_1$  (carro y sensor de fuerzas).

(iii) *Tercera selección*

*¿Cómo se mide la aceleración del carro que se mueve sobre un carril cuando es tirado por una fuerza?*

El pañol del laboratorio dispone de un sensor de movimiento.

### **Actividad 2**

a) *Organización del diseño ingenieril para realizar experiencias con el instrumental disponible.*

Para estudiar el movimiento del Carro ligado al sensor de fuerzas (cuerpo  $C_1$ ) se monta sobre un riel. Se ejerce una fuerza (tensión)  $T_0$ , que es igual al peso  $P_2$  del cuerpo  $C_2$ . Cuando el sistema de cuerpos  $C_1$  y  $C_2$  se suelta, ambos se mueven con una aceleración común. Para medir esta aceleración se coloca un radar ultrasónico en un extremo del riel. Esta disposición se muestra en el gráfico. 1.



*Gráfico 1.  
Montaje ingenieril para medir fuerzas aplicadas a un cuerpo que se mueve sobre un carril.  
Simultáneamente se determinan las correspondientes aceleraciones.  
(Gráfico de diseño propio).*

### **Desarrollo de experiencia aplicando diferentes intensidades de fuerzas sobre un mismo cuerpo, registrando valores de las correspondientes aceleraciones**

#### ***Montaje ingenieril***

Se considera como base el montaje ingenieril descrito previamente. A los efectos de obtener diferentes tensiones  $T_i$  del hilo, se utilizan diversos contrapesos (cuerpo  $C_2$ ).

### **Actividad 3**

a) *Realice una serie de experiencias aplicando a un mismo cuerpo diferentes tensiones y confeccione una tabla con los valores de las tensiones y aceleraciones provocadas al cuerpo.*

### ***Desarrollo de experiencia y obtención de datos***

Se toma un carro y un sensor de fuerzas y se determina en una balanza el valor de su masa

$$m = 0,689 \text{ kg.} \quad (1)$$

Se registran las intensidades de fuerzas aplicadas al sistema carro - sensor para cada contrapeso  $C_2$ , así como las correspondientes aceleraciones. En la Tabla 1 se indican los datos obtenidos para 10 experiencias sucesivas.

<b>Fuerza Estática</b>	<b>Fuerza Dinámica</b>	<b>Aceleración</b>	<b><math>\frac{F}{a}</math></b>
0,638	0,557	0,81	0,688
0,697	0,603	0,863	0,699
0,738	0,645	0,926	0,697
0,799	0,679	0,99	0,686
0,843	0,727	1,044	0,696
0,903	0,757	1,091	0,694
0,954	0,795	1,157	0,687
0,697	0,603	0,863	0,699
0,738	0,645	0,926	0,697
0,799	0,679	0,99	0,686
0,843	0,727	1,044	0,696
0,903	0,757	1,091	0,694
0,954	0,795	1,157	0,687

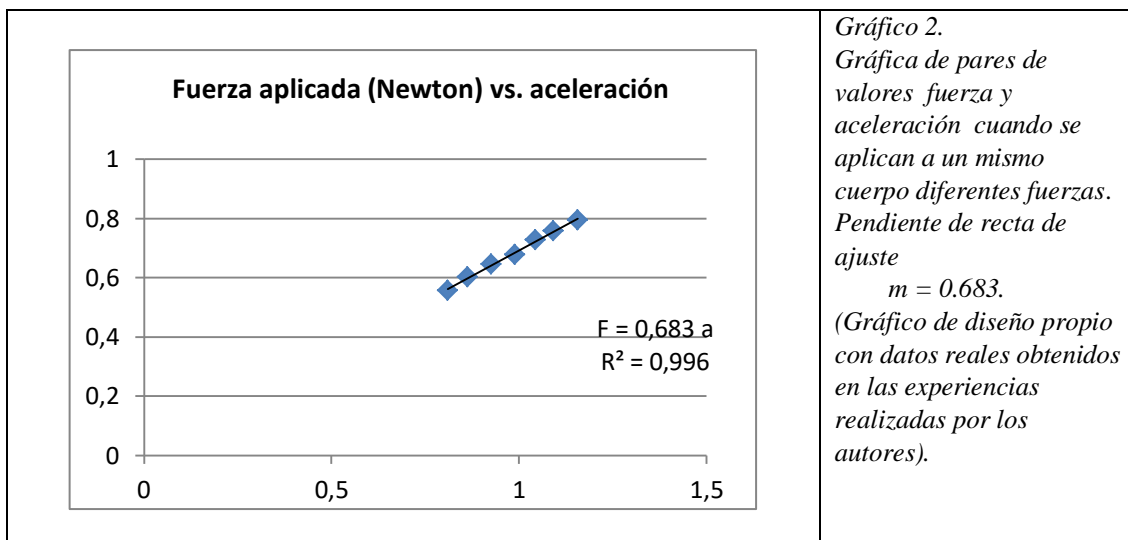
*Tabla 1.*  
*Valores de tensiones aplicadas al cuerpo  $C_1$  y sus correspondientes aceleraciones.*  
*Las tensiones sobre el cuerpo  $C_1$  varían al cambiar la masa  $m_2$  de contrapeso.*  
*(Tabla de datos propios).*

*b) Analice qué relaciones existen entre los pares de valores de fuerza y aceleración. Grafique dichos pares de valores y obtenga la correspondiente correlación estadística.*

### ***Análisis de datos***

La Fig. 2 representa los valores de intensidades de fuerzas aplicadas en función de las aceleraciones correspondientes, los cuales se ajustan con una correlación lineal representada por la función

$$F = 0,683 \cdot a. \quad (2)$$



Se concluye que fuerzas de diferente intensidad aplicadas a un mismo cuerpo le provocan aceleraciones, tales que la relación de pares de valores  $\frac{F}{a}$  se mantiene constante y define como valor de la masa del cuerpo. Se verifica que la pendiente de la recta de correlación es numéricamente igual al valor de la masa del cuerpo, expresada en kg, según relación (1).

### Conclusiones de grupos de alumnos

Si a un mismo cuerpo de masa  $m$  se le aplican fuerzas  $F_i$  de diferente intensidad, el cuerpo adquiere correspondientes aceleraciones  $a_i$ , tales que, en todos los casos, se cumple la relación:

$$F_i = m \cdot a_i \quad (3)$$

Esta es una relación funcional característica de la naturaleza del sistema planetario.

### Sesión de Aprendizaje Activo 2

*Experiencias aplicando una misma intensidad de fuerza a cuerpos de diferentes masas  $m_i$ , los cuales adquieren respectivas aceleraciones  $a_i$*

### Ámbito de aprendizaje y montaje experimental

Seguimos en el mismo ámbito con los mismos instrumentos y montajes experimentales. Se utiliza el carro con el sensor de fuerza, agregando cada vez, una pesa al carro, con lo cual se obtienen cuerpos de masas diferentes. Hay que cambiar el contrapeso para que la tensión dinámica del hilo que actúa sobre el cuerpo  $C_1$  sea siempre la misma, en todos los casos. Los ajustes resultan del orden de 1 a 5 gramos. Cada clip tiene una masa de 1 g. O sea que el ajuste de contrapeso se realiza agregando clips.

#### Actividad 1

a) Si ahora se aplica una misma intensidad de fuerza a cuerpos de diferentes masas  $m_i$ , éstos adquieren las correspondientes aceleraciones.



- b) ¿Existe alguna relación entre las masas de los cuerpos y sus respectivas aceleraciones al aplicarles la misma intensidad de fuerza?
- c) ¿Cómo se eligen los cuerpos de masas diferentes a los cuales se les aplica una misma fuerza?
- d) Organice cinco experiencias para determinar aceleraciones, cambiando en cada caso, la masa del cuerpo  $C_1$  y ajustando la masa de contrapeso para que en todos los casos la tensión dinámica del hilo sea lo más ajustada posible a un único valor.

**Desarrollo de experiencia aplicando una misma intensidad de fuerza a cuerpos de diferentes masas y obtención de valores de las correspondientes aceleraciones**

**Montaje ingenieril**

Se consideran diferentes masas que constituyen el cuerpo  $C_1$  a partir del valor  $m_1 = 0,683$  kg, con incrementos de 100 g en cada caso.

Masa de los cuerpos colgantes, a partir de la masa  $m_2 = 85$  g, agregando clips de 1g.

**Obtención de datos**

Se registran los valores de las diferentes masas  $m_i$  del cuerpo  $C_{1,i}$  (cambiante en cada caso) y las correspondientes aceleraciones  $a_i$  cuando se aplica la misma intensidad de fuerza a todos los cuerpos  $C_{1,i}$ . Los resultados se ordenan en la Tabla 2.

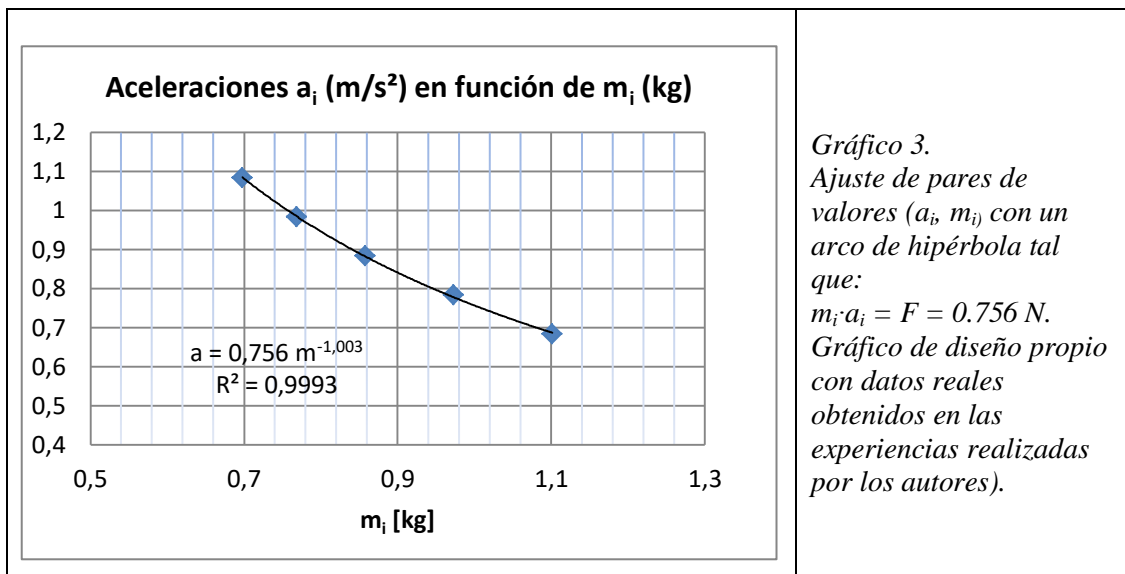
$m_1$ (kg)	Fuerza Estática [N]	Fuerza Dinámica [N]	Aceleración [m/s <sup>2</sup> ]	<p>Tabla 2.</p> <p>Valores de masas de cuerpos. Cuerpo <math>C_{1,i}</math>, tensiones aplicadas al cuerpo <math>C_1</math> y sus correspondientes aceleraciones. (Tabla obtenida por los autores).</p>
0,683	0,893	0,754	1,101	
0,783	0,861	0,743	0,973	
0,883	0,854	0,751	0,858	
0,983	0,84	0,748	0,769	
1,083	0,836	0,75	0,698	

d) Analice qué relaciones existen entre los pares de valores aceleración y valores de masas de los cuerpos  $C_{1,i}$  cuando se aplica la misma intensidad de fuerza. A los efectos de observar la tendencia que presentan, grafique dichos pares y obtenga la correlación correspondiente.

**Análisis de datos**

El gráfico 3 representa los valores de las aceleraciones cuando se aplica la misma intensidad de fuerza a cuerpos de diferente masas. Los pares de valores  $(a_i, m_i)$  se ajustan con una correlación de un arco hiperbólico representado por la función

$$a_i \cdot m_i = 0,756 \text{ N.} \quad (4)$$



### Conclusiones a cargo de grupos de alumnos

Si una misma intensidad de fuerza  $F$  es aplicada a diferentes cuerpos de masas  $m_i$ , las correspondientes aceleraciones  $a_i$  deben ser tales que el producto  $m_i \cdot a_i$  es constante y numéricamente igual al valor de la intensidad de fuerza aplicada

$$F = m_i \cdot a_i,$$

expresión del Modelo de Newton, validado experimentalmente.

### IV. Evaluación del desarrollo experimental de la Unidad Didáctica

Esta Unidad Didáctica en particular, ha sido aplicada y utilizada por docentes de física de la Facultad Regional Gral. Pacheco (Universidad Tecnológica Nacional) con sus propios alumnos, en sucesivas prácticas.

También se han implantado Workshops con docentes externos de colegios secundarios y docentes de física universitarios.

En todos los casos, se ha comprobado el entusiasmo despertado por parte de docentes de haber tenido la oportunidad de manipular el sistema de registro automático de datos con diversos sensores.

Por supuesto, para una mayor difusión de este tipo de experiencias es necesario realizar significativas adquisiciones de instrumental. Pero eso ocurre en todos los campos si se desea hacer frente a los desafíos de la inteligencia artificial, que se extienden sobre todo ciudadano y toda institución, particularmente, las instituciones educativas.

### Conclusiones generales

Se ha presentado una descripción sucinta sobre las bases científicas de Educación STEM, con acento en el desarrollo experimental, como debe enseñarse todas las ciencias naturales.

Es preciso cambiar el instrumental por equipos usados actualmente en otras universidades del mundo y en las empresas, enfocado en los principios que rigen la inteligencia artificial, actualmente en plena evolución.

También es necesario cambiar la pedagogía, actualizando a los docentes en su nuevo rol de moderadores de la enseñanza de ciencias, centrada en el alumno, en ambientes de aprendizaje diferentes al aula convencional.

El cambio propuesto es drástico, pero no hay otro camino para mejorar la enseñanza de ciencias naturales.

### Compendio de Referencias

[1]	National Academy of Sciences. (2012). <i>Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i> . Washington: National Academies Press.
[2]	National Academy of Sciences (2012). <i>Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century</i> . Washington: National Academies Press.
[3]	National Academy of Sciences (2012). <i>A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas</i> . Washington: National Academies Press
[4]	Unión Europea. Proyecto Fibonacci (2012). <i>Disseminating inquiry-based science and mathematics in Europe</i> . Paris: Academie des Sciences.
[5]	Unión Europea. Proyecto PRIMAS (2012). <i>Promoting inquiry in mathematics and science education across Europe</i> . <a href="http://www.cordis.europa.eu">www.cordis.europa.eu</a> .
[6]	National Academy of Sciences (2012). <i>Fueling Innovation and Discovery: The Mathematical Sciences in the 21st Century</i> . Washington: National Academies Press.
[7]	Rocard, M., Cermely, P. y Lenzen, D. (2014). <i>Science Education Now</i> . Brussels: European Commission Directorate-General Press.
[8]	National Academy of Sciences. (2014). <i>STEM integration in K-12 education: status, prospects, and agenda for research</i> . Washington: National Academies Press.
[9]	National Academy of Sciences. (2014). <i>Convergence: Facilitating interdisciplinary od Life Sciences, Physical Sciences and Beyond</i> . Washington: National Academies Press.
[10]	National Academy of Sciences. (2014). <i>Exploring Opportunities for STEM Teacher Leadership</i> . Washington: National Academies Press.
[11]	Van Assche, F., Anido, L. y Lewin, C. (2015). <i>Re-engineering the uptake of ICT in schools</i> . Berlin: Springer.
[12]	National Academy of Sciences. (2015). <i>Science teachers' learning</i> . Washington: National Academies Press.
[13]	National Academy of Sciences. (2016). <i>Identifying and supporting productive STEM Programs in out-of-school settings</i> . Washington: National Academies Press.
[14]	Bosch, H., Pelem, M. y Rampazzi, M. C. (2016). <i>Movimientos de cuerpos. Experiencias y modelado</i> . Madrid: Editorial Académica Española.
[15]	National Academy of Sciences. (2016). <i>Barriers and Opportunities for 2-Year and 4-Year STEM Degrees: Systemic Change to Support Students' Diverse Pathways</i> Washington: National Academies Press.
[16]	National Academy of Sciences. (2017). <i>Undergraduate Research Experiences for STEM Students</i> . Washington: National Academies Press.
[17]	Scientix. (2017)-(2019). <i>Future Classroom Lab</i> . <a href="http://www.scientix.eu">www.scientix.eu</a> .
[18]	Agencia Ciência Viva .(2017)- (2019). Lisboa.: Portugal. <a href="http://www.cienciaviva.pt/">www.cienciaviva.pt/</a>
[19]	American Modeling Teachers Association (AMTA). (2017)-(2019). <a href="http://www.amta.org">www.amta.org</a>
[20]	British Council. (2017)-(2019). <i>Make Science Real in Schools</i> . European Project. <a href="https://www.britishcouncil.org/education/science/.../march-project">https://www.britishcouncil.org/education/science/.../march-project</a> .
[21]	Mincyt Argentina (2017)-(2019). Ciencia Abierta Iberoamericana. <a href="http://www.mincyt.gov.ar">www.mincyt.gov.ar</a>

[22]	National Academy of Sciences. (2018). <i>Design, selection and implementation of instructional materials for the next generation of science standards</i> . Washington: National Academies Press.
[23]	Perkins, D. (2018). <i>Pensamiento visible</i> . Entrevista con “El Mundo” de España. <a href="https://denueve.com/noticia/david-perkins-pensamiento-visible-harvard/">https://denueve.com/noticia/david-perkins-pensamiento-visible-harvard/</a>
[24]	National Academy of Sciences. (2018). <i>Learning through citizen science</i> . Washington: National Academies Press.