

# Desarrollo y aplicación de una estrategia didáctica para la integración del conocimiento a la enseñanza de la física en ingeniería

Antonio Lara Barragán Gómez  
Universidad Panamericana, Campus Guadalajara, México

## **Resumen**

Se presenta una aplicación del modelo educativo denominado Integración del Conocimiento y sus cuatro principios pedagógicos pragmáticos a un curso de física para estudiantes de primer ingreso a las carreras de ingeniería. En la primera parte se describe el modelo educativo y su fundamento teórico. En la segunda, se explica la metodología de indagación, que consiste en aplicar un modelo cuasiexperimental. El cumplimiento de los criterios operativos por medio de los cuales se llevan a la práctica los principios implica que el pensamiento es visible; el conocimiento, accesible; y, el aprendizaje, mutuo y continuo. El seguimiento a la aplicación de estos criterios operativos se realiza mediante la evaluación de actividades en las que participan los estudiantes. Las actividades abarcan desde el desarrollo de una demostración experimental hasta la utilización de recursos electrónicos, como páginas web y blogs. El aprovechamiento se reporta por medio de la ganancia normalizada o factor de Hake, y se toman en cuenta los resultados de exámenes periódicos, así como un sistema de evaluación continua. Finalmente, se presentan resultados comparativos entre grupos experimentales, donde se aplicaron los criterios operativos que caracterizan los principios, y grupos de control que recibieron una instrucción tradicional. Se halló que los grupos experimentales mostraron un mejor aprovechamiento y rendimiento académicos. Por el contrario, en cada periodo de evaluación de los grupos de control no solo el aprovechamiento y el rendimiento académicos fueron menores que los de los grupos experimentales, sino que disminuyeron a lo largo del semestre. Estos resultados sugieren que la aplicación de los criterios operativos de los correspondientes principios genera una mejora continua de los aprendizajes.

Development and implementation of a didactic strategy to integrate knowledge and teaching physics in engineering

## **Abstract**

This paper presents the implementation of an educational model called “learning integration” and its four practical pedagogic

## *Palabras clave*

Enseñanza de la física, Generación Net, integración del conocimiento, principios pedagógicos pragmáticos.

## *Keywords*

Knowledge integration, Net generation, practical pedagogic principles, teaching physics.

Recibido: 08/10/2015

Aceptado: 01/03/2016

principles in a physics course for first-year engineering students. The first part describes the educational model and its theoretical foundation. The second part explains the research methodology, which consisted in the implementation of a quasi-experimental model. The fulfillment of the operational requirements through which the principles are put into practice implies that the thought process be clear; knowledge, accessible; and learning, mutual and continuous. The follow-up to the implementation of these operational requirements was carried out through the evaluation of the activities in which the students participated and range from the development of an experimental demonstration to the use of electronic resources such as web pages and blogs. The benefits were reported using the normalized gain or Hake factor, and the results of periodic exams are considered, in addition to a system of constant evaluation. Finally, the comparative results are presented between control groups who received traditional instruction and the experimental groups, in which the operational requirements characterizing the principles were applied. The results indicate that the experimental groups showed higher academic gain and performance. On the contrary, in each evaluation period of the control groups, academic gain and performance were below those of the experimental groups, and both gain and performance of the control groups diminished throughout the semester. These results suggest that the implementation of the operational requirements of the corresponding principles generated a continuous improvement in learning.

## Introducción

Desde hace poco más de una década, se ha observado que los estudiantes de nuevo ingreso al nivel superior presentan actitudes y comportamientos diferentes a los que presentaban las generaciones anteriores. Este hecho se relaciona con el concepto de Generación Net (*Net gen* en inglés) o del Milenio sugerido por Tapscott (1998), para la que se propusieron diversos modelos de enseñanza apropiados (Oblinger y Oblinger, 2005). Es también evidente que las actitudes y comportamientos de la Generación Net –en gran parte originadas por la acelerada tecnificación de la sociedad, el uso cotidiano de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) y el fenómeno de la globalización– acarrearón no solamente problemas académicos dentro de algunas instituciones de educación superior, sino también administrativos. Por ejemplo, en la asignatura Introducción a la Física –que forma parte del currículo de todas las carreras ingenieriles en una universidad de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México–, los índices de reprobación han sido, en promedio, del 85%, de acuerdo con los reportes de calificaciones

finales obtenidos por el autor a lo largo de ocho años (Lara Barragán, 2013). El problema es que, en un estudio anterior (Lara Barragán, 2007), fue reportado un índice de reprobación del 49 %, en promedio, en la misma materia, por lo que el aumento del número de estudiantes reprobados en iguales circunstancias curriculares puede calificarse de extraordinario. Aunado a esto, algunas actitudes del estudiante común, influenciadas por las condiciones sociales mencionadas, representan también un reto, pues es fácilmente verificable –al menos en nuestro medio social y académico– que presta poca atención en clase por la urgencia compulsiva de utilizar el teléfono celular y la conexión a la Internet para acceder a las redes sociales.

El mismo estudio de Lara Barragán (2007) muestra, además, que la práctica docente evidencia un rezago importante ante la problemática esbozada. Pareciera que la clase de exposición es el único procedimiento didáctico y que la pretendida introducción de recursos modernos e innovadores, como las presentaciones de temas en PowerPoint, se reduce a sustituir el pizarrón por el cañón y la pantalla, con lo que la clase se desarrolla, ahora, con las características de una conferencia magistral. Asimismo, los cambios curriculares que se han dado en las universidades en las que se ha migrado al modelo de currículo flexible por competencias solamente se cumplen en el discurso, pues –al menos en lo que a la enseñanza de la física se refiere– la práctica docente mantiene las mismas características de la clase tradicional.

Esto último representa un espinoso problema educativo. Paddilla Lavín (2008) sugiere que una de las causas por las que la práctica docente tradicional persiste es por la falta de información sobre el uso de las TIC y de acceso a plataformas, recursos y sitios web desde los que puede llevarse a cabo una mejor adaptación de la enseñanza a las necesidades sociales y tecnológicas actuales.

Todo ello ha motivado la realización de este trabajo, el cual presenta un caso concreto en el que se ha podido mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje mediante el desarrollo y la aplicación de una estrategia didáctica que engloba diversas actividades de aprendizaje y de evaluación formativa a un curso introductorio de física en el primer semestre de las carreras de ingeniería. El instrumento fue diseñado, aplicado y analizado con base en un modelo educativo conocido como Integración del Conocimiento (diSessa y Sherin, 1998; Linn y Hsi, 2000). A pesar de haber comenzado su desarrollo a fines del siglo XX, este modelo de enseñanza está orientado a las nuevas generaciones de estudiantes y, fundamentalmente, da lugar a actividades en las que abunda el uso de las TIC. Nuestro reto fue adaptar tal modelo a nuestro entorno, donde no se cuenta con todos los recursos y medios tecnológicos y digitales necesarios para aplicarlo.

La situación descrita en los párrafos anteriores justifica plenamente el presente trabajo para el que se han planteado las dos

siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es la situación actual de las nuevas generaciones de estudiantes que ingresan al nivel superior en nuestro entorno? ¿Es posible adaptar la integración del conocimiento a un medio en el que no se tiene fácil y total acceso a los medios y recursos tecnológicos actuales?

La segunda pregunta es de singular importancia, pues los resultados obtenidos de ella pueden ser cruciales para poder adaptar un modelo de enseñanza utilizado comúnmente en los países del llamado primer mundo para utilizarlo en instituciones de educación superior en las que no se cuenta con acceso a toda la gama de recursos tecnológicos y digitales actuales, no importa cuál sea el origen de esta restricción. En cuanto a la primera pregunta, se responde en la siguiente sección.

## Fundamentos teóricos

### *La Generación Net*

Durante los últimos veinte años del siglo XX se crearon las condiciones para que se diera uno de los más extraordinarios cambios socioculturales históricos con el advenimiento de las tecnologías de la información y de la comunicación, las TIC, aunadas a tendencias como la globalización (Forest, 2002; Vessuri, 2014). En el nuevo entorno social, económico y cultural, nace, crece y se educa a una generación que, al relacionarse con las TIC y vivir en un entorno globalizado, da un gran paso cuando sus miembros se convierten en usuarios que participan en redes sociales mundiales, juegan, se entretienen, plantean y resuelven problemas y establecen relaciones laborales a pesar de la distancia y el tiempo. Al hablar de una generación se utiliza el concepto propuesto por Ferreiro (2006), quien considera que está constituida por personas que comparten características propias, dado uno o varios criterios, y presentan comportamientos similares. La generación a la que se refiere el presente trabajo, y que agrupa a todas las personas nacidas después de 1980 (Carlson, 2005; Leung, 2004), se ha bautizado con distintos nombres: Generación N, Generación del Milenio y Generación Digital. Para nuestros propósitos se seguirá la sugerencia de Tapscott (1998) y se hará referencia a ella como Generación Net.

El tema de la Generación Net ha sido ampliamente estudiado fuera de nuestro país. Por ejemplo, las obras de Tapscott (1998) y de Oblinger y Oblinger (2005) se convirtieron en referencias obligadas para descubrir y entenderla. En países de habla hispana destaca la obra de Padilla Lavín (2008), quien indica que el mayor reto que enfrenta la educación universitaria implica romper el paradigma tradicional de enseñanza/aprendizaje, especialmente por parte de los profesores, quienes deben aprender lo necesario para lograr sintonizarse con sus estudiantes.

Por otro lado, Ferreiro (2006) asegura que tanto el comportamiento como las actitudes de la Generación Net están condicionados por un conjunto de factores. El primero de estos es el hecho de que las TIC han influenciado de manera dramática los modos de pensar, sentir y hacer las cosas y, por ende, ha modificado el ritmo del desarrollo intelectual de los niños y adolescentes (Lepp, Barkley, y Karpinski, 2014). Como consecuencia, no es posible educar a la Generación Net sin utilizar las tecnologías que la distinguen como generación, de manera que en la actualidad es necesario diseñar nuevos ambientes de aprendizaje acordes con los avances en materia científica y con las TIC, sin olvidar que estas últimas amplían y enriquecen las posibilidades de la educación. Los nuevos ambientes se distinguirán por la manera en que se usen los recursos para crear situaciones de aprendizaje centradas en el estudiante que promuevan el autoaprendizaje, la construcción social de su conocimiento y el desarrollo de su pensamiento crítico y creativo (Lara-Barragán y Cerpa, 2014).

### *La Integración del Conocimiento y los principios pedagógicos pragmáticos*

La idea de Ferreiro (2006) expuesta arriba constituye el punto de partida para el diseño de una estrategia educativa de uso general que denominaremos didáctica pragmática, cuyos fundamentos conjugan el concepto de aprendizaje a lo largo de la vida y los principios pedagógicos pragmáticos (Linn y Hsi, 2000). Sobre el primero existe literatura abundante en la que el denominador común es que, para poder sobrevivir y prosperar social, política y económicamente en el nuevo milenio, la educación superior debe contribuir a la construcción de una sociedad de aprendizaje en la que toda persona sea capaz de aprender a lo largo de la vida y tenga la motivación y el compromiso de hacerlo (Peck, 1996; OCDE, 2007).

El caso de los estudiantes de nuevo ingreso a carreras ingenieriles tiene connotaciones particulares. Los que llegan a las aulas universitarias poseen conocimientos muchas veces obsoletos, confusos o, definitivamente, incorrectos (Neumann, 2014; Redish, 2014). Gran cantidad de estudios sobre errores conceptuales o concepciones alternativas y la manera de superarlos se ha llevado a cabo desde hace décadas con diversos grados de éxito (por ejemplo, Lythcott, 1985; Caballero y cols., 2012). En ellos se aprecia, como una constante, la idea de que aprender y comprender los conceptos en cualquier campo del conocimiento implica unir y vincular, distinguir, organizar y estructurar las ideas sobre los fenómenos científicos. Así, una enseñanza efectiva es aquella que habilita al estudiantado para revisar, expandir y reestructurar sus ideas con las nuevas nociones que puedan adquirir en el aula,

en el laboratorio y con la experiencia diaria. Esta manera de enfocar el proceso de enseñanza/aprendizaje constituye el acercamiento al aprendizaje por medio de un modelo educativo conocido como Integración del Conocimiento (KI, por sus siglas en inglés) (diSessa y Sherin, 1998; Linn y Hsi, 2000).

La Integración del Conocimiento se pone en marcha siguiendo los principios pedagógicos pragmáticos (PPP), los cuales aparecen dentro de un marco de referencia construido durante décadas de estudios empíricos sobre procesos de enseñanza/aprendizaje de niños y adolescentes. Chiu y Linn (2011) afirman que la perspectiva de la Integración del Conocimiento estimula el aprendizaje al proporcionarle a los estudiantes “oportunidades de comparar, contrastar, criticar y distinguir esas ideas y las nuevas ideas que puedan encontrar durante la instrucción” (p. 3). Cuando los alumnos integran sus propias perspectivas a las nuevas ideas, desarrollan procesos de razonamiento que les servirán a lo largo de sus vidas.

Los principios pedagógicos pragmáticos son los siguientes:

- ▶ *Hacer accesible el conocimiento para todos.* Lo que se busca aquí es alentar a los estudiantes a que construyan los nuevos conocimientos sobre aquellos que ya poseen; esto es, que logren acoplar el conocimiento nuevo con el existente y que consigan apreciar la aplicabilidad de los conocimientos científicos a su vida cotidiana. Puede advertirse que este primer principio está íntimamente relacionado con el constructivismo (Yoders, 2014).
- ▶ *Hacer visible el pensamiento.* Se trata de ayudar a que los estudiantes integren su comprensión mediante la creación o estudio de modelos que muestren cómo las ideas se interconectan y organizan en redes de conocimientos. El proceso de hacer visible el pensamiento implica revisar diversas representaciones de fenómenos que sean objeto de estudio de la ciencia y resaltar cuáles aspectos de esos fenómenos interaccionan unos con otros.
- ▶ *Ayudar a que todos aprendan entre sí.* Se trata de lograr que los estudiantes desarrollen criterios para su propio entendimiento y refinen sus ideas confrontándolas con las de otros y/o comprendiendo los puntos de vista ajenos para enriquecer sus propias ideas. Esto se logra mediante técnicas de aprendizaje cooperativo (Serrano, y Pons, 2014) o aprendizaje colaborativo (Leinonen, y Durall, 2014).
- ▶ *Promover aprendizajes continuos (aprender para la vida).* Con esto se busca ayudar a que los estudiantes se den cuenta de que las ideas pueden seguir adquiriéndose y refinándose continuamente a lo largo de periodos extensos. La reflexión sobre sus propios procesos de pensamiento resulta ser uno de los aspectos medulares; es decir, de

acuerdo con este principio, es fundamental lograr desarrollar la metacognición (Peronard, 2009).

## Metodología

El proyecto se desarrolló en cuatro etapas: 1) diseño de la didáctica pragmática; 2) selección de los grupos de control y experimentales, 3) aplicación de los principios pedagógicos pragmáticos por medio de la puesta en marcha de la didáctica pragmática; y 4) análisis de resultados. A continuación se describe brevemente cada etapa del proyecto.

El proyecto se llevó a cabo en dos universidades de la zona metropolitana de la ciudad de Guadalajara. La asignatura seleccionada fue Introducción a la Física, que se imparte en el primer semestre de las carreras de ciencias e ingeniería como parte de las materias obligatorias para todos los alumnos de nuevo ingreso. Como el sistema académico en ambas universidades es del tipo currículo flexible, asociado a un régimen abierto por créditos, la asignatura mencionada corresponde a un tronco común. Por tanto, se integra por una mezcla de estudiantes inscritos en todas las carreras ofrecidas por ambas universidades. Una de estas es privada; mientras que la otra es pública. La primera universidad cuenta con más recursos digitales que la segunda, como es el caso de una red abierta a todos los estudiantes y profesores; la segunda, en cambio, no tiene red alguna de Internet en el campus.

Se seleccionaron cuatro grupos de características similares en cuanto al número de alumnos y turno (matutino), dos grupos de cada universidad. Un grupo de cada universidad fue tomado como grupo de control y, otro, también de cada universidad, como grupo experimental, con lo que se tuvieron dos grupos de control y dos grupos experimentales. En los cuatro grupos se trabajaron los mismos contenidos, pero en los de control el curso se llevó a cabo de manera tradicional, así que el estilo docente del profesor consistió esencialmente en exponer y solucionar problemas, con poca participación de los alumnos. En los grupos experimentales se aplicaron 14 de los 16 criterios operativos, para poner en práctica los principios pedagógicos pragmáticos mediante la ejecución de las actividades señaladas en el cuadro 1. Los cuatro grupos tuvieron las siguientes características: los de control se denominaron GC1 (con 32 alumnos, dos de los cuales desertaron) y GC2 (con 31 alumnos, sin deserciones); los grupos experimentales se denominaron GE1 (con 33 alumnos, uno de los cuales desertó) y GE2 (con 30 alumnos, de los que desertaron dos). Contamos como deserción los casos de aquellos alumnos que solo presentaron uno o dos de los exámenes parciales y después abandonaron el curso. Los grupos experimentales fueron atendidos por el autor; mientras que los de control quedaron a

cargo de dos profesores a quienes no se les informó que estarían participando en un proyecto de investigación, con el fin de no interferir de ninguna manera con su estilo docente. Solo se les pidió que aplicaran los mismos exámenes parciales y el mismo examen final que a los grupos experimentales. Los grupos GE1 y GC1 fueron de la universidad privada; los grupos GE2 y GC2, de la universidad pública.

Tanto los exámenes parciales como el examen final consistieron en una serie de diez problemas que abarcaban los tópicos desarrollados en el periodo correspondiente. Cabe mencionar que todos los exámenes fueron de tipo acumulativo, por lo que el examen final resultó ser un compendio de problemas de todos los temas abarcados en el semestre.

La metodología de indagación utilizada correspondió a un diseño cuasiexperimental (Hernández, Fernández y Baptista, 2010) en el que se siguió el siguiente esquema:  $O_i - X - O_f$ , donde  $O_i$  representa una observación inicial, X la aplicación de la propuesta de enseñanza/ aprendizaje a la que se refiere este trabajo y  $O_f$  una observación final. La indagación debe considerarse como un estudio piloto. Por brevedad, en este trabajo no se reportan los detalles de las aplicaciones de las rúbricas con las que se evaluaron los desempeños de los estudiantes en las 10 actividades mencionadas en la segunda columna del cuadro 1. En el esquema anterior, la observación inicial comprende los resultados de los tres exámenes mensuales denominados exámenes de periodo; mientras que la observación final corresponde a los resultados del examen final. Es de hacer notar que este criterio de definición de las observaciones inicial y final no afecta al esquema cuasiexperimental, el cual podría haberse limitado a la aplicación de una observación inicial (pretest) y una observación final (postest). En los cuatro grupos se aplicaron cuatro exámenes idénticos (tres parciales y uno final) y se consideraron los promedios de las calificaciones correspondientes a cada grupo, para lo cual se definió un indicador apropiado, el factor de Hake modificado, que será descrito más adelante.

El aprovechamiento académico de cada grupo se tomó de acuerdo con el sistema de evaluación previsto institucionalmente para la asignatura, el cual consistió en tres exámenes de periodo, exámenes cortos (*quiz*) en cada clase –que consisten en tres preguntas de nivel de conocimiento memorístico básico, como enunciar una definición o principio, escribir una ecuación o diferenciar entre un concepto y otro relacionado con el primero–, tareas y la participación voluntaria en la construcción de un blog de enseñanza de la física. Cabe señalar que esta participación fue relativamente activa al inicio del ciclo escolar y decayó hacia el final del semestre. A los grupos de control no se les invitó a participar en la construcción del blog, aunque se les proporcionó la dirección para que lo visitasen. La cuantificación del aprovecha-

miento global, que a su vez nos proporciona una medida global de la efectividad de la aplicación de los criterios operativos, se realizó en términos de la ganancia normalizada o factor de Hake (Redish y Steinberg, 1999), el cual fue modificado, tal como se describe a continuación.

Richard Hake, de la Universidad de Indiana, consideró que un método interactivo de enseñanza es aquel que se basa en lo que se denomina Investigación Educativa en Física (Physics Education Research o PER, por sus siglas en inglés). Este autor demostró que un buen indicador del mérito académico de un método de enseñanza es el factor de Hake, definido como sigue:

$$h = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100\% - \text{pretest}(\%)}$$

Los resultados reportados muestran que los grupos que reciben una enseñanza tradicional tienen un factor de Hake de alrededor de 0.16; mientras que a los cursos impartidos con métodos de enseñanza basados en la PER les corresponden factores de Hake que oscilan entre 0.35 y 0.41, según los métodos de enseñanza utilizados. En este trabajo aplicamos una modificación a la definición original del factor de Hake en la que los porcentajes del pretest y del postest se han sustituido, respectivamente, por los promedios de los tres exámenes parciales (*PEP*) y por el examen final (*EF*):

$$h' = \frac{EF - PEP}{100 - PEP}$$

Este cambio en la definición del factor de Hake implica que  $h'$  no constituye una medida de la ganancia normalizada aplicada a un examen de diagnóstico, como lo es  $h$ , con la que se comparan dos situaciones, la inicial del pretest y la final del postest. En el numerador del factor  $h'$  se compara el promedio de los tres exámenes parciales realizados a lo largo del semestre, con el promedio del examen final de tipo acumulativo; mientras que el denominador es un factor de normalización, como en el caso anterior. Además, los valores considerados no corresponden a porcentajes, sino a promedios por grupo de las calificaciones obtenidas por los estudiantes.

## La estrategia didáctica para la integración del conocimiento

### *Operatividad de los principios pedagógicos pragmáticos*

Para poder poner en práctica los principios pedagógicos pragmáticos se requieren algunos criterios operativos (Linn y Hsi, 2000).

**Cuadro 1.** Principios pedagógicos pragmáticos (Pn), sus criterios operativos (CO) y Actividades (A) correspondientes.

Criterios operativos (CO)	Actividades (A)
<i>P<sub>1</sub>: Hacer accesible el conocimiento para todos</i>	
CO1. Estimular la construcción de conocimientos a partir de ideas propias y desarrollar opiniones fundamentadas y prácticas.	A1. Desarrollo de conceptos a partir de evidencias experimentales propuestas por los mismos estudiantes.
CO2. Ayudar en la investigación personal de problemas relevantes y revisar con regularidad sus conocimientos.	A2. Tareas semanales de problemas progresivamente más complejos y retroalimentación.
CO3. Apoyar la participación en procesos de indagación e investigación para enriquecer los conocimientos.	A3a. Visita a páginas web especializadas en temas relevantes para el curso. A3b. Realización de experimentos –demostraciones– sencillos.
CO4. Fomentar la comunicación para compartir con los demás el conocimiento especializado.	A4: Presentación breve de resultados de las actividades A3a o A3b.
<i>P<sub>2</sub>: Hacer visible el pensamiento</i>	
CO5. Modelar la construcción del conocimiento para manejar explicaciones alternativas y diagnosticar errores.	A5: Taller de solución de problemas y análisis de situaciones (casos).
CO6. Apoyar la explicación de las ideas de otros.	A6: Actividad de estudiantes monitores en los talleres de solución de problemas.
CO7. Proporcionar múltiples representaciones visuales utilizando diversos medios.	A7: Uso de videos, presentaciones en PowerPoint y utilización de recursos didácticos diversos, como mapas conceptuales y mapas mentales.
CO8. Promover el registro sistemático del conocimiento adquirido.	A8: Libretas de apuntes ordenados y clasificados.
<i>P<sub>3</sub>: Ayudar a que todos aprendan unos de otros</i>	
CO9. Estimular acciones que promuevan saber escuchar y aprender unos de otros.	A5: Taller de solución de problemas y análisis de situaciones (casos).
CO10. Diseñar actividades sociales que generen interacciones productivas y respetuosas.	A6: Actividad de estudiantes monitores en los talleres de solución de problemas.
CO11. Estimular el diseño y la aplicación prudente de criterios y normas.	
CO12. Organizar múltiples actividades sociales estructuradas.	
<i>P<sub>4</sub>: Promover aprendizajes continuos (aprender para la vida)</i>	
CO13. Comprometerse a reflexionar metacognitivamente acerca de las propias ideas y del progreso personal.	A13: Repaso periódico de la manera de realizar actividades y construcción de mapas conceptuales.
CO14. Comprometerse a ser críticos de la información que se maneje.	A14: Establecer criterios de selección de información en las páginas web y en los diversos medios de información.
CO15. Promover la participación en actividades orientadas al establecimiento de una cultura de desarrollo permanente.	No aplica.
CO16. Establecer procesos de indagación generalizables que sean apropiados en diversos proyectos educativos.	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 1 se presenta cada uno de los principios y criterios operativos (CO) que se utilizan en este trabajo. Salvo en los dos últimos criterios (CO15 y CO16), en los demás casos se indica el tipo de actividad (A) desarrollada durante el curso y utilizada como parte del proceso de evaluación formativa. En este punto es necesario señalar que las actividades se propusieron según las circunstancias y medios de las universidades en las que se llevó a cabo el estudio y se desarrollaron de acuerdo con el fundamento teórico que sustenta cada criterio operativo.

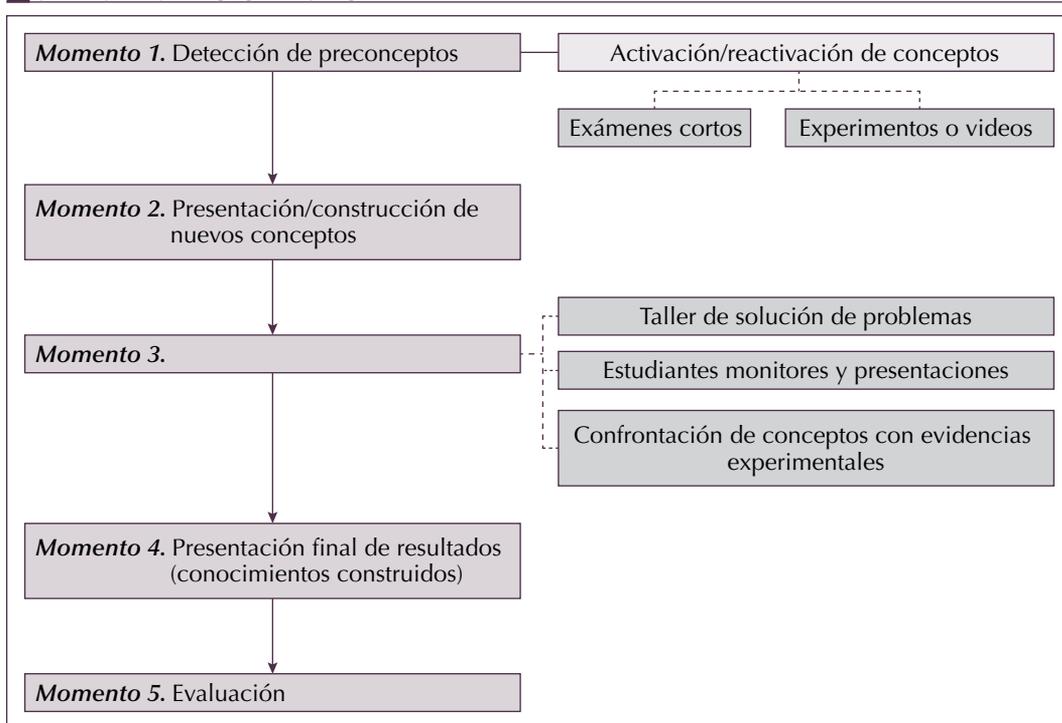
Para cumplir con 14 de los 16 criterios operativos se desarrollaron 10 tipos de actividades: las ocho que corresponden desde la A1 hasta la A8 y las dos últimas asociadas con la A13 y la A14. Para evaluar el desempeño de los estudiantes en estas 10 actividades se elaboraron rúbricas que permitieron dar un seguimiento individual y por grupo a lo largo de un periodo semestral. Al mismo tiempo, se analizaron las calificaciones de los integrantes de cada uno de los cuatro grupos considerados y los promedios correspondientes por grupo referidos a cuatro tipos de exámenes: tres exámenes parciales mensuales y el examen final. Obsérvese, además, que las actividades correspondientes a los cuatro criterios operativos del tercer principio  $P_3$  (CO9 a CO12) son las mismas que las actividades A5 y A6 asociadas previamente a los criterios CO5 y CO6.

### *La didáctica pragmática*

La segunda pregunta de investigación planteada al final de la introducción se responde, primero, con las actividades señaladas en la sección anterior y con el diseño de la didáctica pragmática que se describe a continuación. La función de tal didáctica es trabajar con los criterios operativos correspondientes a cada principio pedagógico pragmático, tomando en consideración que algunas de las actividades que se mencionarán conservan elementos de prácticas tradicionales. Esto es así, puesto que los alumnos a los que va dirigida vienen de bachilleratos en los que la práctica docente común es tradicional, por lo que la transición a nuevos esquemas educativos considera algunas de estas prácticas. La didáctica pragmática se compone de los cinco momentos siguientes (gráfica 1):

*Momento 1.* La activación o reactivación de preconceptos, en la que se ejecutan dos acciones, la aplicación de exámenes cortos y la realización de experimentos o presentación de videos. Este momento se relaciona con técnicas constructivistas (Pimienta, 2005) por las que se determinan los conocimientos previos que van a engarzarse con la nueva información, puesto que de ello dependerá la selección tanto de recursos didácticos como de actividades de aprendizaje.

**Gráfica 1.** Estrategia didáctica para la aplicación de los criterios operativos de los principios pedagógicos pragmáticos.



Fuente: elaboración propia.

*Momento 2.* La presentación y/o construcción de nuevos conceptos. Los recursos y actividades seleccionados en la etapa anterior se ponen en práctica en este momento. En general, el diálogo socrático (Julian, 1995; González y Márquez, 2010) se considera un componente esencial. Aparte de las técnicas que puedan usarse dentro del diálogo socrático, tal como la lluvia de ideas, si las condiciones de conectividad lo permiten, pueden sugerirse visitas a sitios web en búsqueda de información adicional. En el caso de no contar con conexión a la Internet (como fue el caso de la universidad pública), estas visitas pueden dejarse como tareas.

*Momento 3.* En esta etapa se realizan otras actividades, como un taller de solución de problemas, la confrontación de los conceptos nuevos con evidencias experimentales, o bien, las aplicaciones tanto a la vida cotidiana como a dispositivos e instrumentos. En esta ocasión se implementa el uso de lo que denominamos estudiantes monitores (*peer coaching*), quienes son alumnos aventajados capaces de resolver los problemas escolares *más rápidamente que sus compañeros y, entonces, su función es ayudar a los estudiantes que tienen más dificultades para resolver* los problemas. Esta situación constituye una de las

dimensiones del aprendizaje cooperativo (Naseem y Bano, 2011). Esta etapa es, también, el momento en el que los estudiantes presentan lo encontrado en alguna de las páginas web recomendadas.

*Momento 4.* Este momento depende de las actividades realizadas con anterioridad, pues se trata de poner a consideración del pleno de la clase las conclusiones y/o los productos obtenidos en el taller de solución de problemas, en la realización de experimentos o en las visitas a páginas web; aquí pueden propiciarse debates informales y nuevas confrontaciones. Es importante señalar que en esta actividad se lleva a cabo una evaluación formativa con uso de rúbricas para la presentación de los productos (Raposo-Rivas y Martínez-Figueira, 2014).

*Momento 5.* Esta etapa corresponde a una evaluación de carácter acumulativo (Sáiz y Bol, 2014), dado que todos los exámenes y actividades que componen la evaluación sumativa son requerimiento institucional. En esencia, consiste en aplicar un examen parcial correspondiente a cada periodo, lo cual se realiza en fechas establecidas por la coordinación de estudios –en ambas universidades este sistema es idéntico– al inicio del semestre. En total, se aplican tres exámenes de este tipo y un examen final al término del semestre.

Cabe aclarar que en cada sesión se llevan a cabo acciones evaluativas y que el esquema propuesto en la estrategia didáctica no debe ni puede ser rígido, puesto que cada sesión puede variar de acuerdo con los avances y la participación del estudiantado. A continuación describimos las 10 actividades que sirvieron para tomar en cuenta los criterios operativos de los principios pedagógicos pragmáticos y que fueron agrupadas según los cinco momentos previamente mencionados.

#### *Momento 1*

- ▶ *Actividad A1 - Desarrollo de conceptos a partir de evidencias experimentales propuestas por los estudiantes.* Esta actividad consiste en que los alumnos propongan algún tipo de experimentación relacionada con un tema específico. Como ejemplo de ello tenemos la demostración de la primera ley de Newton, con base en videos encontrados en YouTube. Los ejemplos de esta actividad y de las siguientes se describen en el anexo.
- ▶ *Actividad A2 - Realización de tareas semanales de acuerdo con la forma tradicional.* En ella se señala una cierta cantidad de ejercicios tomados del libro de texto o de problemarios desarrollados ex profeso para el curso y se les deja a los alumnos como tarea para que los resuelvan en casa y los entreguen en la clase siguiente. El día de la entrega el profesor resuelve los problemas en el pizarrón, retroalimenta a los estudiantes mencionando los errores más comunes encontrados en otras ocasiones y explica cada procedimiento posible.

- ▶ **Actividad A14 - Establecer criterios de selección de información en las páginas web y en los diversos medios de información.** Para esta actividad se hace saber a los estudiantes que no todo lo que aparece en la Internet cumple con requisitos de calidad y que pueden encontrarse sitios con errores de concepto. Se hacen recomendaciones de sitios seguros con información confiable de acuerdo con los temas que se tratan en clase.

#### *Momento 2*

Este momento suele derivarse de la actividad A1 y da lugar a los dos siguientes momentos. En él también se sugieren las actividades A2, A3a y A3b, que se utilizan en el momento 4. Por otro lado, el momento 2 consiste esencialmente en dedicar tiempo a la exposición activa, en la que el diálogo socrático y las demostraciones (tomadas de la actividad A1) son las actividades fundamentales.

#### *Momento 3*

- ▶ **Actividad A5 - Taller de solución de problemas y análisis de situaciones (casos).** En algunas de las sesiones de clase se resuelven problemas que incluyen análisis de casos y situaciones de la vida cotidiana. El trabajo es en equipo y funciona a manera de trabajo cooperativo. Algunos ejemplos de los problemas que se resuelven son:
  - ¿Es la inercia la causa de que los objetos tiendan a permanecer en movimiento rectilíneo uniforme? Es decir, ¿los objetos tienden a moverse a una velocidad constante por la inercia?
  - En un proceso como disparar una flecha la energía se transfiere de un cuerpo a otro por interacciones. ¿Cómo se llevan a cabo las transferencias de energía en el proceso en que un arquero dispara una flecha y atraviesa una manzana que se encuentra sobre la cabeza de su ayudante?
  - En una competencia de arrancones, los automóviles que participan, los dragsters, tienen motores extremadamente potentes. ¿Cómo explicas el hecho de que un motor “tenga” potencia?
- ▶ **Actividad A6 - Participación de estudiantes monitores.** Se relaciona con la actividad anterior, en el sentido de que, al cabo de algunas sesiones, se eligen dos o tres estudiantes sobresalientes para que ayuden a compañeros suyos que tengan dificultades para resolver los problemas. Otro criterio de selección de estos alumnos es que en una sesión de taller terminen con la tarea asignada en poco tiempo.
- ▶ **Actividad A7 - Uso de videos y presentaciones.** Esta actividad está ligada con la A1. Algunas de las presentaciones con PowerPoint realizadas por los estudiantes se pueden ver en el blog mencionado en la actividad A1.

#### Momento 4

- ▶ **Actividades A3a y A3b - Visita a algunas páginas web y realización de experimentos.** La visita a las páginas web en la actividad A3a es para que los estudiantes rescaten información relevante y, en una clase posterior, la presenten ante sus compañeros en la Actividad A4. Algunas páginas sugeridas son HowStuffWorks y MinutePhysics. Es claro que los alumnos también pueden sugerir sitios, con la restricción de que han de ser autorizados por el profesor. La actividad A3b implica hacer experimentos propuestos por el profesor, los cuales se pueden llevar a cabo de dos maneras: en el salón de clase, como experimento de cátedra; o fuera del salón de clases, actividad que deben grabar y, en la clase siguiente, exhibir el video ante todo el grupo. En cualquiera de los casos la evaluación de la presentación se rige por una rúbrica previamente proporcionada al estudiante o al equipo de estudiantes.
- ▶ **Actividad A4 - Presentación breve de resultados de las actividades A3a o A3b:** se lleva a cabo en la clase, después de la realización del experimento o de la fecha en la que se encargó la búsqueda de la información. Se les proporcionan los lineamientos para presentar sus resultados, los cuales evalúa el profesor.

#### Momento 5

- ▶ **Actividad A8 - Libretas de apuntes ordenados y clasificados:** aunque no se hace una revisión periódica de sus libretas, se les proporcionan lineamientos sobre la manera en que deben escribirse las ecuaciones, desarrollos algebraicos, resultados, etcétera. A pesar de que la actividad remite a prácticas tradicionales, es importante, porque los estudiantes aprenden a escribir ordenadamente los desarrollos algebraicos y procedimientos de solución de problemas. Más adelante, el orden y la limpieza son factores de evaluación en los exámenes parciales.
- ▶ **Actividad A13 - Repaso periódico de la manera de realizar actividades y construcción de mapas conceptuales.** Esto corresponde a la actividad cognoscitiva más importante, la metacognición (Joseph, 2010). Por consiguiente, es una actividad que ha de realizarse periódicamente por medio de diferentes recursos, entre los cuales destacan los mapas conceptuales (Cziprok, Miron y Popescu, 2013). Esta práctica se realiza al finalizar una unidad temática. Así, al avanzar en el curso se van incorporando los temas anteriores, para lograr una visión integral y global de la asignatura. Hacer que los estudiantes reflexionen sobre las formas de razonamiento y procesos para solucionar problemas es un recurso igualmente importante que puede realizarse en toda retroalimentación (actividades A2 y A5).

## Resultados

Para aplicar el factor de Hake modificado ( $b'$ ) se analizaron los resultados de las calificaciones de los tres exámenes parciales y del examen final del curso. En el cuadro 2 se presentan los promedios de las calificaciones individuales de los estudiantes para cada uno de los cuatro grupos, donde EP1, EP2 y EP3 representan los promedios de los tres exámenes parciales. PEP es el promedio de estos tres resultados y EF el promedio del examen final.

**Cuadro 2.** Promedios de exámenes parciales y finales y factor de Hake modificado ( $h'$ ).

GRUPO	EP1	EP2	EP3	PEP	EF	$h'$
GC1	57.83	55.43	48.18	53.81	51.68	$-2.13/46.19 = -0.046$
GC2	58.4	55.4	45.9	53.23	41.7	$-11.53/46.77 = -0.246$
GE1	55.6	50.78	78.86	61.75	80.68	$18.93/38.25 = 0.495$
GE2	54.04	60.92	69.5	61.49	74.54	$13.05/38.51 = 0.339$

Fuente: elaboración propia.

Del cuadro anterior saltan a la vista las siguientes consecuencias:

1. Los valores negativos para el factor  $b'$  indican que en los grupos de control los promedios de los exámenes parciales de los estudiantes de cada grupo tienen un valor mayor que el promedio del grupo en el examen final; mientras que en los grupos experimentales sucede lo contrario. Este hecho sugiere que en los grupos de control la evaluación acumulativa tiene un valor menor al promedio de los tres exámenes parciales de tipo formativo, lo cual podría sugerir un retroceso en su rendimiento académico.
2. El valor absoluto del factor  $b'$  es considerablemente mayor en los grupos experimentales, lo cual corresponde a que en el denominador la diferencia  $100-PEP$  es mayor en los grupos de control (valores de 46.19 y 46.77); mientras que en los grupos experimentales corresponde a 38.25 y 38.51, lo cual da un denominador más pequeño y, por eso, un cociente mayor. Según los resultados reportados por Hake (Redish y Steinberg, 1999), un valor de  $b = 0.495$  sería sobresaliente y un valor de  $b = 0.339$  se encontraría apenas por debajo de la cota inferior de valores considerados como buenos; sin embargo, esta interpretación tiene sus límites, puesto que la definición de  $b'$  difiere de la original.

3. Ha de notarse que los resultados de los grupos experimentales, los cuales difieren de los mencionados en el inciso anterior, corresponden a grupos de estudiantes de universidades diferentes. La ganancia mayor fue obtenida por el grupo de la universidad privada.

Estos contrastantes resultados sugieren que, en comparación con el método tradicional seguido en los grupos de control, la aplicación de las actividades con las que se pusieron en práctica los criterios operativos de los principios pedagógicos pragmáticos en los grupos experimentales favorece el aprendizaje en términos de un mejor aprovechamiento en cuanto a la comprensión de la asignatura; también representa un mayor rendimiento académico de acuerdo con los promedios de las calificaciones correspondientes a los dos tipos de exámenes: los parciales de tipo formativo y el final de tipo acumulativo.

Se considera que los resultados obtenidos se deben, en gran medida, a que la didáctica pragmática supera a los cursos tradicionales en relación con los siguientes factores: 1) la planeación del curso considera la selección de contenidos en función del objetivo general de la asignatura,<sup>1</sup> 2) la selección de actividades se realiza de acuerdo con los criterios operativos de los principios pedagógicos pragmáticos, 3) se aplica un sistema de evaluación continua y formativa. Con respecto a este último punto, hemos de precisar que los cursos tradicionales reducen sus evaluaciones a los exámenes parciales de periodo.

Por otra parte, un aspecto que influye en el aprendizaje, evidente en sí mismo, es la motivación (Gutiérrez y Meneses, 2014). Como nuestros estudiantes presentan las características especiales de la llamada Generación Net, en este trabajo tomamos en cuenta explícitamente la motivación en dos formas: primera, al desarrollar actividades en las que los estudiantes son protagonistas y, segunda, al promover el acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y su uso inteligente. Constatamos que para los estudiantes resultaron muy alentadoras y reconfortantes las visitas a páginas web y a sitios de la Internet, hallazgos que después expusieron ante sus compañeros. Por ello, consideramos que la aplicación de los principios pedagógicos pragmáticos sí favorece aprendizajes de manera importante y que, además, su puesta en práctica no representa una sobrecarga de trabajo excesiva para los docentes.

1 Objetivo general: la asignatura pretende proporcionar una visión pormenorizada de algunos de los conceptos esenciales de la Mecánica Clásica, de su estructura epistemológica, de su método y de las relaciones que tiene con otras áreas del conocimiento humano, así como su aplicación a la vida cotidiana. El desarrollo de habilidades intelectuales relacionadas con el proceder científico, así como el favorecimiento de una formación integral, acordes con los lineamientos institucionales, forman el eje rector de la instrucción.

## Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha dado respuesta a las dos preguntas de investigación planteadas al inicio. Se han descrito brevemente las características de los estudiantes actuales como miembros de la Generación Net y su situación. Asimismo, se detalló el modelo educativo Integración del Conocimiento sobre el que se fundamenta el desarrollo de la didáctica pragmática. Tal didáctica muestra la factibilidad de emplear un modelo educativo de vanguardia –cuyo sustento son el uso de las TIC y gran cantidad de recursos en línea– aun en el caso de instituciones educativas en las que el acceso a la Internet y a los recursos en línea se encuentran limitados por circunstancias inherentes a ellas.

A pesar de que el trabajo se llevó a cabo a modo de prueba piloto, los resultados sugieren que la aplicación del método empleado puede redundar en resultados altamente satisfactorios en cuanto al aprendizaje. En los sistemas y programas educativos cuyos supuestos teóricos implican modelos centrados en el estudiante la Integración del Conocimiento y sus principios pedagógicos pragmáticos pueden ser alternativas que bien vale la pena probar a mayor escala. Por otro lado, la diferencia de valores entre las  $h'$  para la universidad privada y la universidad pública da la pauta para extender el trabajo hacia la caracterización de perfiles académicos de los estudiantes de una y otra institución educativa y, probablemente, a sus contextos socioeconómicos.

Se observó que el trabajo de los estudiantes monitores, la posibilidad de consultar páginas web durante la hora de clase y la realización de experimentos de cátedra por los mismos estudiantes fueron situaciones inusuales para algunos y novedosas para otros, por lo que parte de los buenos resultados sugeridos por los valores del factor  $h'$  se debe precisamente a tales situaciones. Por consiguiente, una recomendación para los profesores de los niveles medios es incorporar este tipo de prácticas con el fin de enriquecer la formación de sus alumnos.

Finalmente, los resultados obtenidos apoyan la idea de que la estrategia didáctica desarrollada puede lograr que el estudiantado universitario se enganche a las actividades propias de su carácter de miembros de la Generación Net y dé el primer paso para involucrarse seriamente con su proceso de aprender para la vida.

## Agradecimientos

El autor desea expresar su gratitud a los profesores Guillermo Cerpa Cortés y Héctor Núñez Trejo por su participación en el desarrollo del presente proyecto.

## Referencias

- Caballero, M. D., Greco, E. F., Murray, E. R., Bujak, K. R., Jackson Marr, M., Catrambone, R., Kohlmyer, M. A., y Schatz, M. F. (2012). Comparing large lecture mechanics curricula using the Force Concept Inventory: A five thousand student study. *American Journal of Physics*, 80(7), 638-644. doi:10. 1119/1. 3703517
- Carlson, S. (2005). The Net Generation in the classroom. *Chronicle of Higher Education*, 52, 7.
- Chiu, J. L., y Linn, M. (2011). Knowledge Integration and Wise Engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(1), Article 2. doi: 10. 7771/2157-9288. 1026
- Cziprok, C. D., Miron, C., y Popescu, F. F. (2013). Creating an integrative learning environment using conceptual maps in physics lessons. *eLearning and Software for Education*, 2, 37-542.
- DiSessa, A. A., y Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- Ferreiro, R. F. (2006). El reto de la educación del siglo XXI: la generación N. *Revista de Innovación Educativa*, 6(5), 72-85.
- Forest, J. J. F. (2002). Globalization, Universities and Professors. *Cambridge Review of International Affairs*, 15(3), 435-450. doi: 10. 1080/0955757022000010962
- González García, G., y Márquez Santos, M. (2010). Efectos del diálogo socrático sobre el pensamiento crítico en estudiantes de un programa técnico profesional. *Educación en Ingeniería*, 10, 1-11.
- Gutiérrez, J., y Meneses Fernández, M. (2014). Applying Augmented Reality in Engineering Education to Improve Academic Performance and Student Motivation. *International Journal of Engineering Education*, 30(3), 625-635.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptispta Lucio, M. P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Joseph, N. (2010). Metacognition Needed: Teaching Middle and High School Students to Develop Strategic Learning Skills. *Preventing School Failure*, 54(2), 99-103.
- Julian, G. M. (1995). Socratic dialogue – with how many? *The Physics Teacher*, 33(6), 338-339.
- Lara-Barragán Gómez, A. (2007). *Reporte Interno*. México: Departamento de Física, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara.
- Lara-Barragán Gómez, A. (2013). *Reporte Interno*. México: Departamento de Física, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara.
- Lara-Barragán Gómez, A., y Cerpa Cortés, G. (2014). Enseñanza de la Física y desarrollo del Pensamiento Crítico. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(1), 52-59.
- Leinonen, T., y Durall, E. (2014). Design Thinking and Collaborative Learning. *Comunicar*, XXI(42), 107-116.
- Lepp, A., Barkley, J. E., y Karpinski, A. C. (2014). The relationship between cell phone use, academic performance, anxiety, and satisfaction with life in college students. *Computers in Human Behavior*, 31, 343-350.
- Leung, L. (2004). Net-Generation Attributes and Seductive Properties of the Internet as Predictors of Online Activities and Internet Addiction. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 7(3), 333-348.
- Linn M. C., y Hsi, S. (2000). *Computers, Teacher, Peers: Science learning partners*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lythcott, J. (1985). "Aristotelian" was given as the answer, but what was the question? *American Journal of Physics*, 53(5), pp. 428-431.

- Nassem, S., y Bano, R. (2011). Cooperative Learning: An instructional strategy. *TechnoLEARN: An International Journal of Educational Technology*, 1(1), 79-85.
- Neumann, S. (2014). Three misconceptions about radiation – And what we teachers can do to confront them. *The Physics Teacher*, 52(6), 357-359. doi:10. 1119/1. 4893090
- Oblinger, D. G., y Oblinger, J. L. (Eds.) (2005). *Educating the Net Generation*. EDUCAUSE. Recuperado el 30 de marzo de 2006, de: [www.educause.edu/educatingthenetgen/](http://www.educause.edu/educatingthenetgen/)
- OCDE. (2007, julio). Lifelong Learning and Human Capital. *Policy Brief*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/dataoecd/43/50/38982210.pdf>
- Padilla Lavín, M. A. (2008). Un acercamiento a la comprensión del reto universitario ante la Generación Net y su integración al mundo laboral en México. *Hospitalidad-Esdai*, 14, 27-54.
- Peck, B. T., (1996). European lifelong learning initiatives. *Pbi Delta Kappan*, 77(9), 645-647.
- Peronard Thierry, M. (2009). Metacognición: Mente y cerebro. *Boletín de Filología*, XLIV(2), 263-275.
- Pimienta Prieto, J. H. (2005). *Metodología Constructivista*. México: Pearson Educación.
- Raposo-Rivas, M., y Martínez-Figueira, M. E. (2014). Evaluación educativa utilizando rúbrica: un desafío para docentes y estudiantes universitarios. *Educación y Educadores*, 17(3), 499-513. doi: 10. 5294/edu. 2014. 17. 3. 6
- Redish, E. F., y Steinberg, R. (1999). Teaching Physics: Figuring out what works. *Physics Today*, 52(1), 24-30.
- Redish, E. F. (2014). How should we think about how our students think? *American Journal of Physics*, 82(6), 537-551. doi: 10. 1119/1. 4874260.
- Sáiz Manzanares, M. C., y Bol Arreba, A. (2014). Aprendizaje basado en la evaluación mediante rúbricas en la educación superior. *Suma Psicológica*, 21(1), 28-35.
- Serrano, J. M., y Pons, R. M. (2014). Introduction: Cooperative Learning. *Anales de Psicología*, 30(3), 801-804. doi: 10.6018/analesps.30.3.201251
- Tapscott, D. (1998). *Growing Up Digital: The Rise of the Net Generation*. Nueva York, NY: McGraw-Hill.
- Vessuri, H. (2014). Cambios en las ciencias ante el impacto de la globalización. *Revista de Estudios Sociales*, 50, 167-173. doi: 10. 7440/res50. 2014. 16.
- Yoders, S. (2014). Constructivism Theory and Use from a 21st Century Perspective. *Journal of Applied Learning Technology*, 4(3), 12-20.

## Anexo

# Lista de algunas actividades realizadas en el curso

### Actividad A1

- ▶ Primera ley de Newton. El truco de la moneda sobre una tarjeta que se encuentra sobre un vaso. El experimento consiste en retirar un papel que tiene una moneda encima sin arrastrarla, de manera que esta caiga en el vaso.
- ▶ Vectores. ¿Alumnos muy fuertes? Para esta actividad, que tiene que ver con una demostración de los componentes de vectores, se necesita una cuerda de 10 m de longitud. Dos alumnos, de preferencia los más fuertes de la clase, toman la cuerda, uno por cada extremo. Ambos jalan, siempre en dirección horizontal, hasta quedar la cuerda completamente tensa. No es una competencia para ver quién jala a quién; solo se requiere que la cuerda se encuentre completamente tensa. Una vez logrado este objetivo, se necesita la participación de una alumna, a quien se le pide que empuje la cuerda por su centro hacia abajo hasta el piso, con lo cual vence a los dos alumnos que tratan de mantener la cuerda tensa. ¿Será posible que la alumna pueda más que los dos alumnos fuertes de la clase? Por supuesto que sí. ¿Por qué?
- ▶ Movimiento circular. Consigue un palo (una escoba o algo semejante) de por lo menos 1.5 m de largo. Sostenlo de manera que apunte horizontalmente hacia delante. Camina en círculo y observa cómo se comporta el palo con respecto a la trayectoria circular que vas siguiendo.
- ▶ Potencia. ¿Eres muy potente? Muchas veces has tenido que subir escaleras, ya sea caminando o corriendo. Si consideramos que subes a un mismo nivel, ¿cómo te sientes más cansado: si lo haces caminando o corriendo? Obviamente corriendo, pero ¿quiere decir esto que realizaste más trabajo? Otro caso a considerar es ir a tu casa caminando o corriendo, de manera que en ambos casos se recorra la misma distancia. ¿Qué se puede inferir, entonces, sobre el trabajo realizado? ¿Y sobre la potencia?

## Actividad A2

- ▶ Tareas semanales de problemas progresivamente más complejos y retroalimentación. Comenzamos con problemas simples del tipo: un avión de propulsión, originalmente en reposo, despegue desde un portaaviones al alcanzar una rapidez de 65.0 metros por segundo al final de la plataforma. A) ¿Cuál es su velocidad, tanto al inicio como al final de la plataforma? B) ¿Cuál es el vector de aceleración media para el recorrido? Para terminar con problemas más complejos, por ejemplo: un esquiador, cuya masa es de 70 kg, se encuentra en la cúspide de una pendiente de inclinación  $10^\circ$  y se prepara para bajarla. La fricción entre la superficie nevada y los esquíes es despreciable. Un viento fuerte sopla hacia el esquiador aplicándole una fuerza horizontal de 50 N. Sin utilizar las leyes de Newton, calcular la rapidez del esquiador después de bajar 100 m por la pendiente.

## Actividad A3b

- ▶ Realización de experimentos –demostraciones– sencillos. Esta actividad requiere trabajo en equipo. Se les pide a los alumnos que entreguen un reporte breve de la actividad, en el que respondan las preguntas planteadas y describan las observaciones realizadas. El formato del reporte se les especifica previamente.
- ▶ Movimiento acelerado en un plano inclinado. Formar equipos de tres integrantes que buscarán una tabla o un cuaderno que servirán como superficie sobre la que se dejará rodar una pelota. Inclinarán la superficie elegida de manera que forme un ángulo con respecto al piso horizontal. Sobre la superficie se realizan marcas cada dos centímetros, colocando el cero (o cualquier otro punto de referencia) en la parte superior. Luego, en el punto de referencia elegido coloquen la pelota en reposo y déjenla en libertad. La pelota comenzará a rodar cuesta abajo. ¿Cómo es su rapidez mientras va rodando hacia abajo? ¿Se mantiene constante o va cambiando? En el momento del inicio, ¿cuál es el valor de la rapidez inicial? Con base en los resultados, trazar una gráfica con los valores de la posición en el eje vertical y los valores de los instantes en el eje horizontal. Este tipo de gráficas se denomina gráfica de posición contra tiempo. ¿Qué tipo de línea se obtiene? ¿Qué puede inferirse de esta gráfica?
- ▶ Fricción. Modificación de la actividad con un plano inclinado. Ahora, se trata de realizar una experiencia similar utilizando el mismo plano inclinado, solo que en vez de usar una pelota necesitamos un objeto que no rueda, por ejemplo, una cajita de cartón y, además, un transportador. Primero, sobre uno de los extremos del plano colocado horizontalmente se pone la

cajita. Luego se va levantando ese extremo lentamente hasta que la cajita comience a deslizarse. En ese instante se mide el ángulo en el que comenzó a deslizarse. Conviene repetir la observación varias veces para obtener un valor promedio del ángulo en el que inicia el deslizamiento. En seguida, se coloca un objeto dentro de la cajita, de manera que aumente la masa. Repitan el experimento. El ángulo en el que comienza a deslizarse la cajita con la masa aumentada ¿es mayor, menor o igual al ángulo en el que comienza a deslizarse la cajita antes de aumentarle la masa? Si hay diferencia entre los ángulos, ¿a qué puede atribuirse esa diferencia?

#### Actividad A4

- ▶ Presentación breve de resultados de las actividades A3a o A3b. Las presentaciones se hacen de acuerdo con instrucciones específicas. En el caso de la A3a, se presenta la página o sitio visitado, un resumen del tema investigado y las conclusiones personales. En el caso de la realización de experimentos, se puede presentar un video en el que los mismos estudiantes hicieron el experimento o ejecutar el experimento en el aula. En cualquiera de los dos casos, presentan un análisis del experimento en términos de los conceptos revisados en clase y las inferencias personales.

#### Actividad A7

*Uso de videos, presentaciones con PowerPoint y recursos didácticos diversos.*

- ▶ Primera ley de Newton (Actividad A1). Video sobre el truco común realizado por algunos magos o por prestidigitadores. Se realiza con una mesa sobre la que se pone un mantel de tela tipo poliéster. Encima se colocan algunos cubiertos, un plato o dos y una copa o vaso. El mago toma el mantel por un extremo y, ¡presto!, de un rápido tirón lo remueve sin tirar ni romper ninguno de los cubiertos. Este truco puede realizarlo cualquier persona con un poco de práctica (si piensas en ejecutarlo, comienza con cubiertos irrompibles). Antes de intentar cualquier cosa, contesta las siguientes preguntas predictivas. ¿Qué tan lejos se moverán los cubiertos, o no se moverán? El peso de los objetos ¿afecta el movimiento o la falta de movimiento? ¿Es importante la textura de la tela? Si se talla la base de los cubiertos con papel encerado, ¿afecta el resultado?
- ▶ Ley de gravitación universal. Video sobre el experimento de Cavendish.