

## Aula invertida con aprendizaje adaptativo en cursos de física

---

Alfonso Serrano Heredia, Rodrigo Ponce Díaz, Germán Rodríguez Vázquez,  
Elvira Rincón Flores, Carlos Hinojosa Espinosa, Francisco Rodríguez Abrego,  
Eduardo Uresti Charre, Mayela Rodríguez Romo, Laura Zepeda Orantes  
Tecnológico de Monterrey  
Campus Monterrey, [serrano@itesm.mx](mailto:serrano@itesm.mx)

### Resumen

Se presenta una metodología de enseñanza-aprendizaje basada en aula invertida y aprendizaje híbrido, que incluye el desarrollo de material didáctico digital, elaboración de videos educativos, uso de simuladores computacionales en ambientes virtuales de laboratorios de Física, así como actividades experimentales para lograr un aprendizaje activo dentro y fuera del salón de clases.

Por otro lado, se presenta una estrategia para el aprendizaje adaptativo que consiste en la implementación de videos interactivos en algunos cursos de física y matemáticas en niveles de preparatoria y profesional, en donde se emplea la plataforma educativa EDpuzzle, que convierte un video normal en uno interactivo mejorando el aprendizaje de los estudiantes, ya que la plataforma reporta el progreso en el aprendizaje de los alumnos, lo que permite la retroalimentación adaptativa y personalizada. El desarrollo de estos videos se implementa dentro de la estrategia de “aula invertida”, enriqueciendo y fortaleciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Finalmente, se reporta el proceso de replicación masiva de capacitación a profesores de diversos campus del Tecnológico de Monterrey, del desarrollo de videos interactivos y su implementación en las estrategias de aula invertida y aprendizaje híbrido, el cual se contó con el apoyo del CEDDIE y del Departamento de Formación y Desarrollo de Profesores del Campus Monterrey.

**Palabras clave:** aula invertida, aprendizaje híbrido, videos interactivos, aprendizaje adaptativo

### 1. Introducción

Actualmente la educación se ha visto en la necesidad de adaptarse y reinventarse para satisfacer las necesidades y demandas de las nuevas generaciones, a fin de cambiar el sistema tradicional de clase, añadiendo elementos innovadores que aprovechen las cualidades de los alumnos actuales, entre ellas la del perfil de nativos digitales. Dentro de las innovaciones en los modelos educativos actuales, se encuentra el “aprendizaje híbrido” y el “aula invertida”.

Particularmente en este proyecto se desarrollan estrategias que consisten en la elaboración y producción de videos educativos y material didáctico digital para la enseñanza de conceptos y la práctica de ejercicios para reforzar conocimiento, por otro lado se sistematiza el uso de simuladores computacionales para crear ambientes virtuales de laboratorios de Física, lo cual se refuerza con el desarrollo de actividades experimentales dentro y fuera del salón de clases. Además de lo anterior, se implementa una estrategia para el aprendizaje adaptativo que consiste en el desarrollo, producción en implementación de videos interactivos en algunos cursos de Física y Matemáticas en niveles de

preparatoria y profesional, en donde se emplea la plataforma educativa EDpuzzle, con lo cual se fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del “aula invertida” y el “aprendizaje híbrido” al tener un mayor control y monitoreo en el nivel de aprendizaje de los alumnos.

Esta plataforma permite convertir un video normal en uno interactivo mejorando el nivel de aprendizaje de los estudiantes, en donde el profesor tiene la oportunidad de incluir preguntas y comentarios en el mismo video, haciendo que el estudiante reflexione, haga cálculos y/o busque información adicional para responder los cuestionamientos en el mismo video, y por otro lado la plataforma le reporta al profesor el progreso en el aprendizaje de cada alumno, permitiéndole dar oportuna y puntual retroalimentación personalizada adaptando el proceso enseñanza-aprendizaje a cada alumno en particular.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Estrategias de enseñanza aprendizaje: Aula invertida y Aprendizaje híbrido**

La estrategia educativa conocida como “aula invertida” (Flipped Classroom en inglés) fue concebida como tal desde el año 2000 y desde entonces aplicada en varias universidades y colegios del mundo. Esta técnica se originó a partir de las ideas de Eric Manzur, y en el año 2000 se empezaron a publicar artículos relacionados con el este tema (Lage, Platt, & Treglia, 2000), en ese mismo año en la Universidad de Wisconsin-Madison, profesores de la clase de Ciencia computacional remplazaron las clases tradicionales por videos de la clase transmitidos en vivo. Posteriormente, en el año 2004, Salman Khan comenzó a videograbarse y este hecho le condujo a la idea de fundar lo que actualmente se conoce como “Khan-Academy” que consiste en subir videos de diversos temas a la plataforma Youtube (Khan, 2011). A partir de estas ideas, profesores e investigadores de numerosas universidades comenzaron a adoptar el modelo y a analizar desde diferentes puntos de vista las ventajas del método de aula invertida” (Tennessee & Mcglasson, 2006). Por otro lado, el modelo de “Aprendizaje híbrido o combinado” (Blended Learning en inglés) como lo indica Mortera Gutiérrez [4], incluye metodologías tradicionales de enseñanza presencial con el apoyo de elementos computacionales y tecnologías de información, como es el empleo de videos, libros digitales, simuladores computacionales, etc., en donde son fundamentales tres componentes que consisten en el contenido, la comunicación y la construcción, combinando las fortalezas de cada ambiente de aprendizaje, tanto el de la enseñanza tradicional, como el de innovaciones educativas tecnológicas.

#### **2.1.2 El *multi-tasking* en los alumnos**

Sin embargo, a pesar de los modelos innovadores en educación, como los descritos anteriormente, debe tomarse muy en cuenta que la mayoría de los alumnos actuales realiza múltiples actividades a la vez, bajo el concepto de *multi-tasking*, es decir, la capacidad para realizar varias tareas a la vez. Aunque esta característica suena productiva, en primera instancia para el aprendizaje de materias de ciencias, como Física y Matemáticas, se ha observado que el *multi-tasking* representa un problema en el desempeño de una parte de la memoria llamada “memoria de trabajo” (*working memory* en inglés), que se ve afectada debido a la interferencia causada por estímulos externos que se encuentran fuera de lo que se quiere aprender (Clapp, Rubens, Sabharwal & Gazzaley, 2011). Esto es común en los estudiantes que en promedio pasan 8 horas diarias en contacto con dispositivos

electrónicos (hiperconectados) y en consecuencia están expuestos a constantes interrupciones. Por otro lado, el uso de videos por parte de los alumnos se ha vuelto muy popular, buscando aprendizajes rápidos o solución de dudas que se le presentan en el momento que realizan sus tareas y actividades, por lo que la estrategia del uso de videos educativos fortalece el aula invertida y al aprendizaje híbrido, y combinado con el uso de los videos interactivos ayuda al estudiante a un mayor enfoque y en consecuencia a lograr mayor efectividad en su proceso de aprendizaje.

### **2.1.3 Déficit de atención y de retención**

El papel de la tecnología es servir como apoyo al estudiante en diversas actividades. Sin embargo, debido al *multi-tasking* y a otros factores, se observa una fuerte dependencia de los alumnos a la tecnología, esto parece tener relación con la problemática del déficit de atención y falta de retención que dificulta en el estudiante la memorización y la comprensión de conceptos a mayor profundidad, por lo que la función del profesor se vuelve entonces difícil, en parte porque muchos de los conceptos en materias de ciencia básica, como en Física y Matemáticas, son acumulativos y el rendimiento de la memoria en el estudiante se torna fundamental, por lo tanto, se vuelve imperativo que el alumno repase fuera de clase, por lo que la estrategia del aula invertida implementada con videos interactivos es fundamental para este propósito, en donde se mejora el rendimiento de la memoria en el estudiante reduciendo los problemas de atención y falta de retención.

## **2.2 Planteamiento del problema**

Cada vez se hacen más notorias las dificultades que presentan la mayoría de los alumnos en carreras de ingeniería para lograr el aprendizaje de la Física. El Departamento de Física de Campus Monterrey cuenta con indicadores objetivos que muestran el nivel de aprendizaje de los alumnos en los cursos de Introducción a la Física, Física I, Física II y Electricidad y Magnetismo, entre ellos son los resultados de los exámenes finales departamentales, que en los últimos 4 años, se han observado en general promedios bajos y reprobatorios, en parte esto es debido a que el perfil del alumno actual, se le dificulta lograr el aprendizaje en un modelo de enseñanza-aprendizaje tradicional del siglo XX, combinado con el hecho de que cada vez es más variado la forma de aprendizaje de la física que hay entre un alumno y otro. En consecuencia el problema se divide en dos partes, por un lado en la necesidad de implementar modelos educativos de aprendizaje activo, que en este proyecto se presenta el aula invertida y el aprendizaje híbrido con estrategias de aprendizaje adaptativo, y por otro lado, la necesidad de replicar con otros profesores, modelos como el que aquí se presenta, lo cual se logra realizar en este proyecto a través de cursos intensivos de capacitación con el apoyo del CEDDIE y del Departamento de Formación de Profesores de Campus Monterrey.

## **2.3 Metodología con productos obtenidos**

En este proyecto se emplean las estrategias de aula Invertida y de aprendizaje híbrido, incluyendo elementos de aprendizaje adaptativo mediante la plataforma educativa EDpuzzle, en donde se lleva a cabo lo siguiente:

### **2.3.1 Desarrollo de material didáctico digital**

Desarrollo e implementación de apuntes propios de Física en formato digital para los cursos de Física I y Física II. Este material didáctico ya se ha estado empleando en apoyo para reforzar el aprendizaje conceptual y lograr la mejor comprensión de los conceptos, fundamentos y teoría básica. Se ha encontrado recientemente que el alumno promedio en general revisa poco el libro de texto que le encarga el maestro de la clase, por lo que este material desarrollado es una alternativa al tradicional libro de texto, el cual se ha compartido entre alumnos y maestros en los cursos de Física I y Física II. En la Fig. 1 se muestra una impresión de pantalla de una sección de apuntes digitales, en este caso sobre el tema de las “Leyes de Newton”:

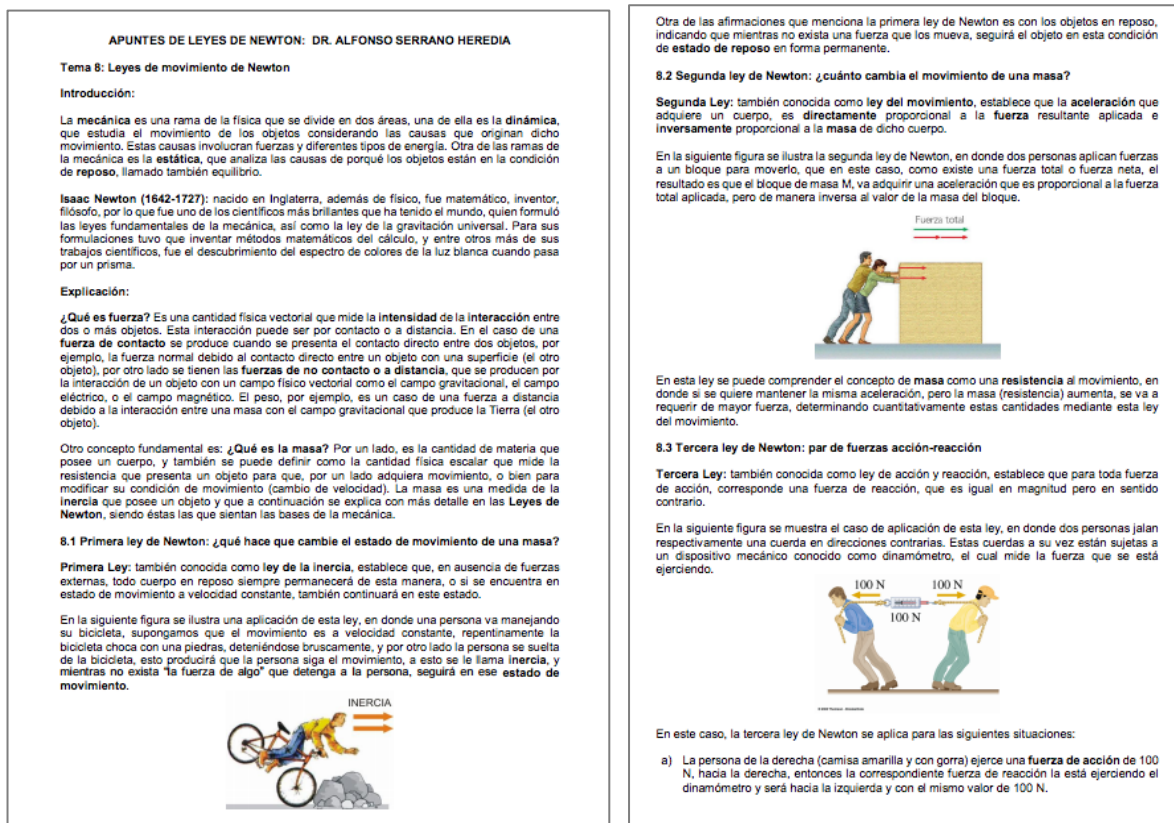


Fig. 1 Sección de apuntes digitales, Física I: Leyes de Newton

- En el vínculo: <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFLWtFS0FMT0hicM/view?usp=sharing> se puede acceder al documento en formato PDF sobre apuntes digitales del tema de las Leyes de Newton, correspondiente al curso de Física I.

En la Fig. 2 se muestra una impresión de pantalla de una sección de apuntes digitales, en este caso sobre el tema de las “Oscilaciones y Ondas”:

Es aquel movimiento periódico y que a su vez es oscilatorio, pero que también tiene la característica que la representación matemática de este movimiento es una función armónica, como es el caso de las funciones trigonométricas seno y coseno. A continuación se definen conceptos fundamentales para este tipo de movimiento:

a) Frecuencia de oscilación ( $f$ ) se mide en Hertz (Hz) y representa el número de oscilaciones o vueltas en un tiempo dado y es igual al inverso del periodo:

$$f = \frac{\text{número de oscilaciones}}{\text{tiempo total}}; \quad f = \frac{1}{T}$$

b) Frecuencia angular ( $\omega$ ) se mide en rad/seg y se relaciona con la frecuencia de oscilaciones mediante la expresión:

$$\omega = 2\pi f; \quad \text{o bien} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

**1.3 Sistema masa-resorte:**  
 Consiste de una masa ( $m$ ) unida a un resorte de constante elástica ( $k$ ), que puede estar el sistema en forma vertical como se muestra en la siguiente figura del lado izquierdo, en la posición A, el resorte no presenta estiramiento ni compresión, pero en la posición B ya se unió la masa al resorte, y por influencia del peso, el resorte se estira cierta distancia hasta que queda en equilibrio, y en la posición C, se ejerce un estiramiento adicional para provocar el movimiento armónico simple. También puede estar el sistema en forma horizontal como es observado del lado derecho de la siguiente figura, en donde la masa está sobre una superficie horizontal sin fricción, y al estirar la masa a la derecha ( $X > 0$ ), el resorte ejerce una fuerza hacia la izquierda, luego pasa la masa por la posición  $X=0$ , llamada posición de equilibrio, y conforme el resorte empieza a comprimirse ( $X < 0$ ) el resorte ejerce una fuerza hacia la derecha.

Este tipo de fuerza que se presenta en el resorte es llamada fuerza restauradora, cuya ecuación es conocida como la ley de Hooke:  $F = -kx$ , y si está en equilibrio con la masa colgando se cumple que:  $kx = mg$ , en donde  $X$  ( $m$ ) es la distancia que se estira el resorte y  $K$  (N/m) es la constante elástica del resorte. Cuando el sistema se pone en movimiento se aplica la segunda ley de Newton, esto es:

$$F = ma, \quad \text{por lo tanto} \quad ma = -kx$$

en donde la aceleración es la segunda derivada de la posición con respecto al tiempo, entonces resulta la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\left(\frac{k}{m}\right)x$$

y la solución de esta ecuación diferencial es la expresión de posición con respecto al tiempo:

$$x = A \cos(\omega t + \phi)$$

en donde  $A$  es la amplitud de la oscilación,  $\phi$  es la constante de fase, o ángulo inicial del movimiento en radianes, y  $\omega$  es la frecuencia angular en rad/seg, que a su vez de la ecuación diferencial se obtiene la expresión:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Al derivar la ecuación de posición con respecto al tiempo se obtiene la función de velocidad:

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \phi)$$

y al derivar la ecuación de velocidad con respecto al tiempo se obtiene la función de aceleración:

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi)$$

de las ecuaciones anteriores se obtienen las siguientes expresiones para los valores máximos de la velocidad y la aceleración:

$$v_{\text{max}} = A\omega, \quad \text{y} \quad a_{\text{max}} = A\omega^2$$

Como un caso de aplicación del tema 1, considerar a un sistema masa-resorte como se muestra en la siguiente figura, iniciando el movimiento con el resorte estirado 20 cm, con valor de masa de 0.5 kg y de la constante del resorte de 50 N/m.

Los parámetros del movimiento armónico simple (M.A.S.) son:

Frecuencia angular:  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10 \text{ rad/seg}$   
 Periodo:  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.628 \text{ seg}$   
 Amplitud:  $A=0.1 \text{ m}$ , Constante de fase:  $\phi=0 \text{ rad}$

Por lo que las ecuaciones de posición, velocidad y aceleración como funciones del tiempo quedarían respectivamente:

$$x = 0.1 \cos(10t)$$

$$v = -1 \sin(10t)$$

$$a = -10 \cos(10t)$$

en donde se muestra en la siguiente tabla valores para 4 tiempos particulares dentro de un periodo ( $T$ ) del M.A.S. para este sistema masa resorte, iniciando el movimiento ( $t=0$ ) en la posición del resorte estirado:

tiempo	posición	velocidad	aceleración	Fase ( $\omega t$ )
$t=0$	$A$	0	$-A\omega^2$	0
$t=T/4$	0	$-A\omega$	0	$\pi/2$
$t=T/2$	$-A$	0	$A\omega^2$	$\pi$
$t=3T/4$	0	$A\omega$	0	$3\pi/2$
$t=T$	$A$	0	$-A\omega^2$	0

Mostrándose en la siguiente figura las gráficas correspondientes:

Fig. 2 Sección de apuntes digitales, Física II: Oscilaciones y Ondas

- En el vínculo:

<https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFQ29aS2cyNHRhMnc/view?usp=sharing>

se puede acceder al documento en formato PDF sobre apuntes digitales del tema de Oscilaciones y Ondas, correspondiente al curso de Física II.

### 2.3.2 Elaboración y producción de videos educativos

Elaboración y producción de más de 100 videos educativos con la participación de varios profesores, en donde se han empleado los programas y aplicaciones computacionales: a) CAMTASIA Studio 8, para PC con Windows, b) SCREENCAST-O-MATIC, para PC y Mac, c) DODLECAST PRO, para iPad, d) EDUCREATIONS, para iPad. Estos videos han sido ampliamente compartidos entre alumnos y maestros de Física I y Física II (grupos propios y de otros maestros).

También se han elaborado alrededor de 30 videos educativos para el curso de Matemáticas II a nivel de preparatoria, en el Campus Eugenio Garza Lagüera, siendo la primera vez que material didáctico de este tipo se realizaba en el Departamento de Matemáticas de esta preparatoria.

La recepción de los videos por parte de los alumnos fue estupenda, siendo notoria la mejora en el desempeño académico de los alumnos por el uso de estos videos dentro de la estrategia de enseñanza tipo aula invertida. En la Fig. 3 se muestra una impresión de pantalla de una sección de un video educativo del curso de Física I, sobre ejercicios del tema de "Cinemática":

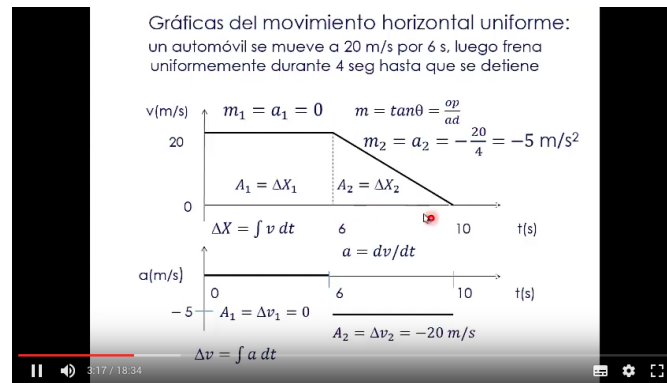


Fig. 3 Sección de video de Física I: Ejercicios de Cinemática

En el vínculo: <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFZURPQi13cjRwU2s/view?usp=sharing> se puede acceder al video educativo para el curso de Física I, sobre la explicación en la solución de ejercicios del tema de “Cinemática”.

En la Fig. 4 se muestra una impresión de pantalla de una sección de un video educativo del curso de Física II, sobre el tema de “Fluidos”:

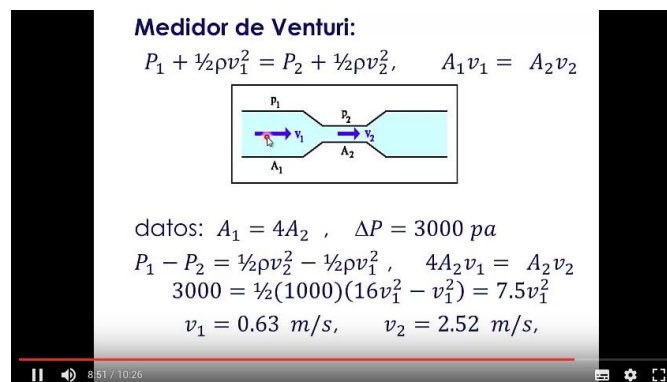


Fig. 4. Sección de video de Física II: Conceptos de fluidos

- En el vínculo: <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFZE13NHRvUmtLSVE/view?usp=sharing> se puede acceder al video educativo para el curso de Física II, sobre la explicación de los conceptos fundamentales del tema de “Fluidos”.

### 2.3.3 Laboratorios Virtuales de Física I y Física II con Simulaciones computacionales

Desarrollo e implementación de actividades y tutoriales que emplean simuladores computacionales de la Universidad de Colorado, conocidos como “PHET” (Physics Education Technology) que presentan un ambiente para un Laboratorio Virtual con experimentos de física. La página de internet de estos simuladores es: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics>, en donde los alumnos realizan actividades que simulan experimentos de un laboratorio de Física. En la siguiente Fig. 5 se muestra una impresión de pantalla de una sección del video tutorial sobre el uso de un simulador de cinemática llamado “Hombre móvil” para el curso de Física I:



Fig. 5 Tutorial para el simulador “Hombre móvil” de la página de Internet

- La descripción para realizar las actividades dentro de este Laboratorio Virtual del tema de “Cinemática” se encuentra en el documento mostrado en el vínculo: <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFenhRQXNmaV9Tejg/view?usp=sharing>
- La página de Internet del simulador es: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/moving-man> <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFWWIDc3h3ZXc1Nm8/view?usp=sharing>

En la siguiente Fig. 6 se muestra una impresión de pantalla de una sección de las actividades a realizar en el Laboratorio Virtual de Física II, con el uso de tres simuladores sobre los temas del sistema masa-resorte, péndulos y propagación de ondas senoidales en una cuerda:

PROFESOR: ALFONSO SERRANO HEREDIA  
LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA II CON SIMULADORES COMPUTACIONALES  
TEMAS: OSCILACIONES Y ONDAS MECÁNICAS

**LABORATORIO VIRTUAL DE FÍSICA II: RESORTES Y MASAS.**

1. Para comenzar, deberás tener listo tu computadora o “Tablet” para que puedan funcionar correctamente los simuladores computacionales que se van a emplear como laboratorio de física virtual, por lo que debes asegurarte de tener instalado los programas: “Java” y “Adobe Flash Player”.

2. Se te pide que obtengas los parámetros del movimiento armónico simple (M.A.S.) en un sistema masa-resorte, además de determinar el valor de la gravedad empleando un péndulo simple, y también analizar el caso de la propagación de ondas en una cuerda.

3. En primer lugar el propósito es determinar los diferentes parámetros que caracterizan al M.A.S. en un sistema masa-resorte, haz funcionar la simulación “Laboratorio de resortes y masa” que está en la siguiente página de internet: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/mass-spring-air> y realiza lo siguiente:

a) Haz clic para activar el reloj y también aumenta la fricción a “mucho” para evitar por lo pronto que el sistema oscile intermitentemente ya que primero debes determinar la constante de fuerza del resorte.

b) Cuelga la masa de 50 grs en el resorte 1 y con la regla mide la distancia que se estiro el resorte, haz lo mismo con las masas de 100 grs y de 250 grs en los resortes 2 y 3.

c) Llena la siguiente tabla para determinar la constante del resorte mediante la ley de Hooke:

resorte	masa	Estiramiento	cte. del resorte
1	50 grs	5 cm	9.8 N/m
2	100 grs	10 cm	9.8 N/m
3	250 grs	25 cm	9.8 N/m

d) Quita las masas graduada en gramos y ahora cuelga las masas de colores verde, dorada y roja en los resortes 1, 2 y 3, respectivamente y calcula las masas (en grs) de estos objetos, llenando la siguiente tabla:

resorte	cte del resorte	estiramiento	masa
1	9.8 N/m	7 cm	70 grs
2	9.8 N/m	16 cm	160 grs
3	9.8 N/m	30 cm	300 grs

e) Quita las masas de colores y ahora mueve el botón de “suavidad del resorte 3” a la condición de “suave” y cuelga la masa de 50 grs para que midas el estiramiento del resorte y determines la constante del resorte “suave”, luego aumenta la condición del resorte a “duro” y cambia la masa por la de 250 grs, para que nuevamente determines la constante del resorte “duro” y escribe los resultados en la siguiente tabla:

resorte	masa	estiramiento	cte del resorte
normal	50 grs	5 cm	9.8 N/m
suave	50 grs	26 cm	1.88 N/m
duro	250 grs	4.5 cm	54.44 N/m

f) Con la masa de 250 grs en el resorte 3, en la condición de “duro”, sostén la masa en la línea que corresponde al resorte sin estirar, y suelta la masa para que se produzca un movimiento armónico simple (M.A.S.), para una mejor observación y precisión en las mediciones, haz clic en el tiempo “1/16” para tener un movimiento en cámara lenta. Activa también el reloj y toma el tiempo 5 oscilaciones para que calcules el periodo y lo compares con el periodo teórico. Cuelga también las masas de 50 grs y 100 grs en los resortes 1 y 2, para producir un M.A.S. similar al del resorte 3 y escribe los resultados en la siguiente tabla:

resorte	masa	tiempo en 5 oscilac.	periodo experiment.	periodo teórico
1	50 grs			
2	100 grs			
3	250 grs			

g) Con el periodo experimental determina las constantes A,  $\omega$ ,  $V_{max}$ ,  $a_{max}$ , y llena la siguiente tabla:

resorte	A	$\omega$	$V_{max}$	$a_{max}$
masa 1-50 g				
2-100 g				
3-250 g				

h) Determina el valor de la constante de fase  $\phi$  considerando que el movimiento inicia cuando se suelta desde arriba y escribe las ecuaciones de posición, velocidad y aceleración para el movimiento de las masas unidas a cada uno de los resortes 1, 2 y 3.

Fig. 6 Descripción de actividades a realizar en el Laboratorio Virtual de Física II

Las páginas de internet los tres simuladores computacionales son:

- Sistema masa-resorte: <http://phet.colorado.edu/es/simulation/mass-spring-lab>
- Péndulos: <http://phet.colorado.edu/es/simulation/pendulum-lab>
- Ondas en una cuerda: <http://phet.colorado.edu/es/simulation/wave-on-a-string>

### 2.3.4 Experimentos de física dentro y fuera del salón de clases

Desarrollo e implementación de actividades experienciales dentro y fuera de clase para el mejor entendimiento de los fenómenos físicos, en donde los alumnos participan de manera activa construyendo prototipos y realizando actividades vivenciales. En la Fig. 7 se muestra una impresión de pantalla de una sección del video realizado por los alumnos sobre una actividad experimental de aprendizaje activo para el curso de Física I:



Fig. 7. Actividad experimental: peso aparente en un elevador en movimiento

- En la página de Internet: [https://www.youtube.com/watch?v=8K9\\_ycWQrXk](https://www.youtube.com/watch?v=8K9_ycWQrXk) se puede acceder al video en YouTube de la grabación por parte de los alumnos de la actividad experimental del peso aparente dentro de un elevador.
- El desarrollo de esta actividad se encuentra en el documento mostrado en el vínculo: <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFWWIDc3h3ZXc1Nm8/view?usp=sharing>

En las Fig. 8(a) y 8(b) se muestran las impresiones de pantalla de una sección de los videos realizado por los alumnos sobre actividades experimentales de aprendizaje activo para el curso de Física II:

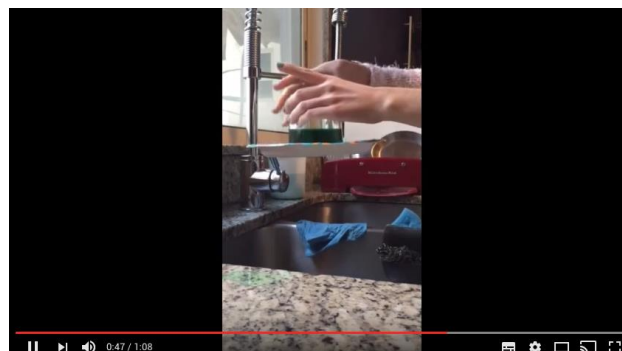


Fig. 8(a) Actividad experimental: presión del aire encerrado dentro de un vaso



- En la página de internet: <https://youtu.be/xlZmDZjF9jk> se puede acceder al video en YouTube del experimento realizado y explicado por el alumno sobre la presión del aire encerrado dentro de un vaso.



Fig. 8(b) Actividad experimental: Principio de Bernoulli

- En la página de internet: <https://youtu.be/WugENX8Ghos> se puede acceder al video en YouTube del experimento realizado y explicado por el alumno sobre el Principio de Bernoulli.

### 2.3.5 Actividades de aprendizaje adaptativo

Desarrollo e implementación de actividades con elementos de aprendizaje adaptativo, con el apoyo de la plataforma tecnológica “Connect” y de la aplicación “Learn Smart”, de la Editorial McGraw-Hill Education. La plataforma se emplea con actividades dentro y fuera de clase, y cuenta con el apoyo de asistencia propia de la plataforma para checar el trabajo realizado por el alumno, así como ayuda guiada para el aprendizaje conceptual y solución de problemas. En la siguiente Fig. 9 se muestra una impresión de pantalla del uso de la plataforma Connect y Learn Smart sobre actividades de aprendizaje adaptativo en el curso de Física II.

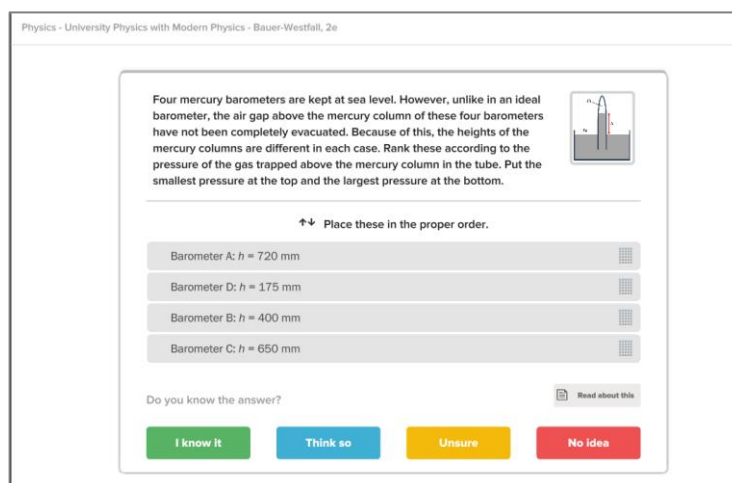


Fig. 9. Actividad adaptativa con Connect y Learn Smart

### 2.3.6 Plataforma educativa EDpuzzle, como herramienta para el aprendizaje adaptativo, implementada dentro del aula invertida y el aprendizaje híbrido

Se realizó un amplio desarrollo de videos interactivos así como el uso de la plataforma educativa EDpuzzle, que fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del aula invertida y el aprendizaje híbrido al tener un mayor control y monitoreo en el nivel de aprendizaje de los alumnos. Esta plataforma permite convertir un video normal en uno interactivo mejorando el nivel de aprendizaje de los estudiantes, en donde el profesor tiene la oportunidad de incluir preguntas y comentarios en el mismo video, haciendo que el estudiante reflexione, haga cálculos y/o busque información adicional para responder los cuestionamientos en el mismo video, y por otro lado la plataforma le reporta al profesor el progreso en el aprendizaje de cada alumno, permitiéndole dar oportuna y puntual retroalimentación personalizada adaptando el proceso enseñanza-aprendizaje a cada alumno en particular. La plataforma se encuentra en el sitio de internet: <https://edpuzzle.com/> en donde tanto el profesor como el alumno se dan de alta. Se han desarrollado tutoriales prácticos para un aprendizaje fácil y rápido sobre el uso de esta herramienta computacional.

#### a) Descripción y uso de la Plataforma educativa EDpuzzle

La plataforma permite convertir un video normal en uno de tipo interactivo, en donde se descarga el video previamente seleccionado, ya sean propios o de los que están en línea dentro de YouTube, Khan-Academy u otros espacios educativos de internet, entonces el profesor le agrega o inserta una serie de preguntas y comentarios transformando el video en uno interactivo mejorando el aprendizaje en el estudiante a través de esta estrategia, comparado con la sola observación de un video normal, por otro lado, la plataforma reporta el progreso en el aprendizaje de los alumnos, auxilia en la retroalimentación personalizada y revela algunos hábitos de estudio de los estudiantes. Esto le permite al profesor tomar medidas inmediatas para reforzar conocimientos mal aprendidos y realizar mayor práctica de ejercicios en donde se requiera, incluso todo esto a nivel personalizado, por lo que esta estrategia con videos interactivos apoyan al aprendizaje adaptativo. En la Fig. 10 se muestra una impresión de pantalla de la lista de plataformas de videos que pueden ser descargables dentro de la plataforma EDpuzzle:

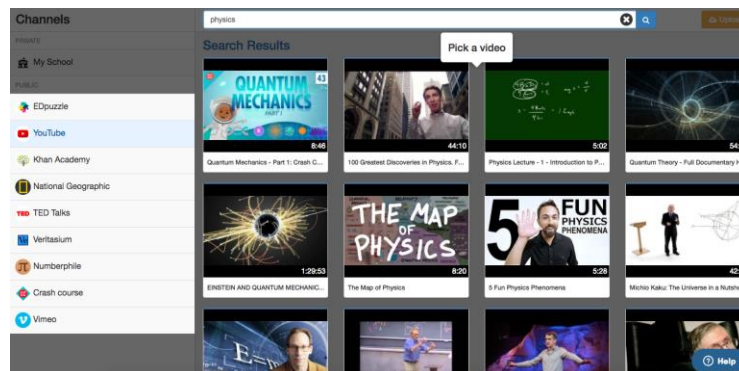


Fig. 10 Canales de videos para EDpuzzle

#### b) Producción de videos interactivos para aula Invertida y aprendizaje híbrido

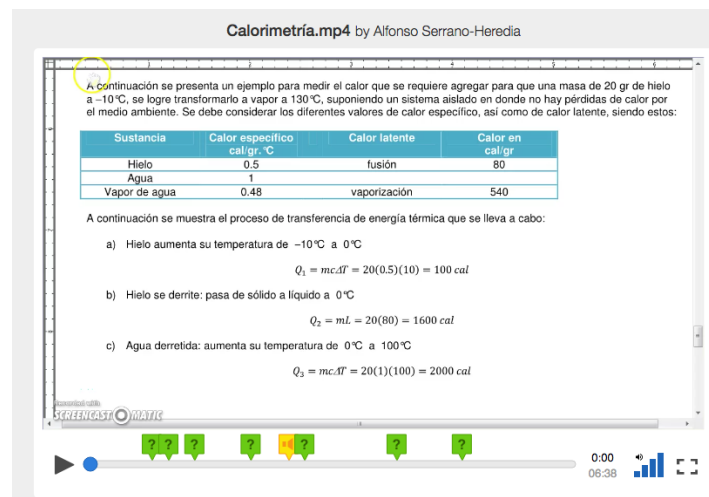
Se aplicaron los videos interactivos en las estrategias de aula invertida y aprendizaje híbrido, en donde se seleccionan dos videos por semana; el primero sobre revisión de teoría que incluya al

menos un ejemplo práctico que refuerce el o los conceptos que se enseñan; el segundo video debe ser de problemas de aplicación con cierto grado de profundidad. Estos videos seleccionados, elaborados de manera propia, como se indica en la sección 2.3.2, se descargan en la plataforma EDpuzzle y seguido a esto se insertan, en diversas secciones del video, preguntas de opción múltiple, preguntas abiertas y comentarios que provoquen en el alumno lo siguiente:

- 1) Reflexión y análisis de los conceptos
- 2) Desarrollo de pensamiento crítico
- 3) Darse cuenta de conceptos no aprendidos o mal entendidos
- 4) Buscar la retroalimentación inmediata

De esta manera se diseñan y se preparan adecuadamente las preguntas y comentarios que insertará en los videos para lograr una interactividad efectiva con el estudiante, evitando también que el video se vuelva tedioso, cansado y fastidioso para el alumno, a fin de hacerle sentir que su nivel de aprendizaje está mejorando con este tipo de videos interactivos. Es estos videos son parte de las tareas que debe realizar el alumno y obtener la puntuación correspondiente por el cumplimiento de las mismas. En la Fig. 11(a) se muestra la impresión de pantalla de un video interactivo para el curso de Física I, en donde el vínculo para acceder al video es:

<https://edpuzzle.com/media/569fdb7d5123804c41dca5ba>, correspondiente al tema de componentes de fuerza de un bloque sobre un plano inclinado. Este video se produce en combinación con el uso de un simulador computacional.



**Calorimetría.mp4** by Alfonso Serrano-Heredia

A continuación se presenta un ejemplo para medir el calor que se requiere agregar para que una masa de 20 gr de hielo a  $-10^{\circ}\text{C}$ , se logre transformarlo a vapor a  $130^{\circ}\text{C}$ , suponiendo un sistema aislado en donde no hay pérdidas de calor por el medio ambiente. Se debe considerar los diferentes valores de calor específico, así como de calor latente, siendo estos:

Sustancia	Calor específico cal/gr. $^{\circ}\text{C}$	Calor latente	Calor en cal/gr
Hielo	0.5	fusión	80
Agua	1		
Vapor de agua	0.48	vaporización	540

A continuación se muestra el proceso de transferencia de energía térmica que se lleva a cabo:

- a) Hielo aumenta su temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$   
 $Q_1 = mc\Delta T = 20(0.5)(10) = 100 \text{ cal}$
- b) Hielo se derrite: pasa de sólido a líquido a  $0^{\circ}\text{C}$   
 $Q_2 = mL = 20(80) = 1600 \text{ cal}$
- c) Agua derretida: aumenta su temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$   
 $Q_3 = mc\Delta T = 20(1)(100) = 2000 \text{ cal}$

Fig. 11(a) Video interactivo de Física I, con preguntas de opción múltiple

En la Fig. 11(b) se muestra la impresión de pantalla de un video interactivo para el curso de Física II, en donde el vínculo para el video es: <https://edpuzzle.com/media/55eba78e5135001b134d3469> , correspondiente al tema de Calorimetría.

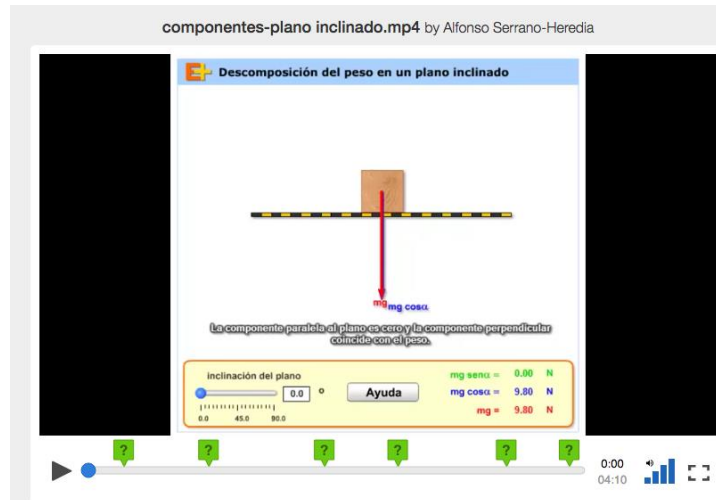


Fig. 11(b) Video interactivo de Física II, con preguntas y comentario de voz

En los dos videos interactivos anteriores, se pueden observar las etiquetas en color verde (con signo de interrogación) de las preguntas insertadas en el video, del lado derecho de la pantalla se observan las preguntas elaboradas. En la Fig. 12 se muestra una impresión de pantalla de con muestra un conjunto de videos seleccionados para ser transformados en interactivos:

Fig.12. Pantalla EDpuzzle con videos seleccionados

### c) Evaluación de los videos

Una de las características importantes de la estrategia de videos interactivos, a través de la plataforma EDpuzzle, es que cada video que es visto y contestado por cada alumno, recibe una evaluación, esta opción se encuentra en el espacio de videos ya seleccionados para cada clase, en donde se activa la pestaña de "Progress" y se despliega la lista de alumnos de la clase para ese video en particular, informando si el alumno: vio el video, fecha y hora en que lo vio, así como la calificación obtenida para las preguntas de opción, por otro lado, al seleccionar a un alumno en particular, se informa a detalle el desempeño académico que tuvo. En la Fig. 13 se muestra una impresión de la pantalla de evaluación grupal para el video interactivo, con la calificación obtenida, fecha y hora visto por cada alumno de la clase.

Fig.13 Evaluación grupal del video interactivo

En la Fig. 14 se muestra la evaluación individual del video interactivo indicando la manera en que cada alumno contestó las preguntas, lo cual proporciona información al profesor para tomar acciones en relación al desempeño académico de los alumnos.

Otro aspecto del proceso de evaluación que proporciona la plataforma EDpuzzle es la obtención de una estadística grupal para cada pregunta realizada, permitiéndole al profesor tomar acciones y medidas inmediatas para corregir conceptos mal entendidos y reforzar en aquellos temas en donde más estén fallando los estudiantes, o incluso a nivel personalizado, auxiliar a estudiantes con mal o muy mal desempeño académico, tomando acciones inmediatas en lugar de esperar hasta los

exámenes parciales en donde ya puede ser un poco tarde buscar apoyos especiales a este tipo de alumnos, la impresión de pantalla correspondiente se muestra en la Fig. 15:

Fig.15 Estadística grupal del video interactivo evaluado

De manera similar, en la Fig. 16 se muestra una impresión de pantalla de la estadística de cada pregunta particular del video, que sirve de base para que el profesor tome acciones inmediatas para una adecuada retroalimentación y reforzamiento de conceptos:

Fig.16 Estadística grupal del video interactivo por pregunta

## 2.4 Resultados

### 2.4.1 Aula Invertida implementada

Se realizó la implementación del aula invertida en cursos de Física I y Física II, siguiendo el proceso metodológico que fue presentado en la sección anterior 2.3. En el siguiente conjunto de Fig. 17, se muestran fotografías de algunas clases realizadas en el formato de aula invertida y aprendizaje híbrido, incluyendo el apoyo de alumnos de alto desempeño académico realizando tutoría a alumnos de menor desempeño académico.

Fig.17(a). Aula invertida en clase

Fig.17(b). Aula invertida en clase

Fig.17(c). Aula invertida en clase

Fig.17(d). Aula invertida en clase

En las dos Fig. 18 se observa al profesor del curso en un proceso activo de enseñanza a fin de lograr el autoaprendizaje en los alumnos a través de la experimentación de los fenómenos físicos, así como el cuestionamiento hacia los alumnos para adquirir su aprendizaje.

Fig.18(a). Profesor en clase de aula invertida

Fig.18(b). Profesor en clase de aula invertida

### 2.4.2 Presentación de póster en el CIIE 2014

En el Primer Congreso Internacional de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey se presentó el póster con el título del proyecto: "Aula invertida con aprendizaje adaptativo en cursos de Física", mostrando los avances del desarrollo del proyecto, al que se puede acceder a través del vínculo:

<https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFMjRKOGhhWnc5bk0/view?usp=sharing>

### 2.4.3 Ponencia de videos interactivos en el CIIE 2015 y en la AAPT-MX

En el Segundo Congreso Internacional de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey se presentó la ponencia sobre la implementación de videos interactivos en aula invertida y aprendizaje híbrido, al que se puede acceder a través del vínculo:

<https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFMENhRkFIUjFpU1E/view?usp=sharing>

El proyecto de videos interactivos también fue presentado en la Asociación Americana de Profesores de Física, sección México, en Noviembre en la UNAM.

#### **2.4.4 Impartición de cursos y talleres de videos interactivos en apoyo al aula invertida**

Se llevó a cabo el proceso de replicación masiva de capacitación a profesores de diversos campus del Tecnológico de Monterrey, para el desarrollo de videos interactivos y su implementación en las estrategias de aula invertida y aprendizaje híbrido, el cual contó con el apoyo del CEDDIE y del Departamento de Formación y Desarrollo de Profesores del Campus Monterrey, siendo los instructores de este curso-taller los profesores Alfonso Serrano Heredia y Rodrigo Ponce Díaz, quienes pueden ser observados en la Fig. 19 impartiendo el curso-taller a otros profesores:

Fig.19. Alfonso Serrano y Rodrigo Ponce impartiendo taller a profesores

Cabe mencionar que en el lapso de un año se ha impartido 5 veces este curso-taller, impactando a alrededor de 100 profesores, además de haberse impartido en el CIIE 2015, con la participación de 30 profesores de diversas instituciones de México y de Sudamérica. Uno de estos cursos fue impartido a 20 profesores y tutores de la Vicerrectoría de Programas en Línea, quienes hicieron una retroalimentación del potencial que tienen los videos interactivos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, cuyos comentarios están en el vínculo: <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFXzctM0RzUV9FYkU/view?usp=sharing>.

Por otro lado, con base en la solicitud de la Vicerrectoría de Profesional, se trabajó en el diseño y desarrollo del curso de videos interactivos con EDpuzzle para ser impartido totalmente en línea, listo en el vínculo:

<http://miscursos.itesm.mx/bbcswebdav/courses/MTY.T00100.1611.I/EDpuzzle/index.html>, pero solo puede accederse a través de Blackboard para los profesores que vayan a ser inscritos en el curso. Cabe mencionar que Salvador Alva, Presidente del Tecnológico de Monterrey, escribió un reconocimiento en Success Factor dentro de MiEspacio: <https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFa0kwQW1HSVhMMVU/view?usp=sharing>, en relación a la impartición del taller de videos interactivos a profesores del Tecnológico de Monterrey.

#### **2.4.5 Evaluación por parte de los alumnos**

El resultado ha sido muy satisfactorio de las ECOAS para el profesor Alfonso Serrano Heredia: agosto-diciembre 2014, OGP=1.14, enero-mayo 2015, OGP=1.09, Verano 2015, OGP=1.06, por otro lado dentro de los cursos Honors, ha sido reconocido por parte de los alumnos como uno de los mejores 7 profesores Honors por dos años consecutivos 2015 y 2016, con diploma "Award for Honors Excellence in Teaching":

<https://drive.google.com/file/d/0B0-lkXqtRocFMWZqbU9Jb0xsZGM/view?usp=sharing>

#### **2.5 Discusión de los resultados obtenidos**

Cabe mencionar que la aceptación de los alumnos de la implementación del aula invertida y aprendizaje híbrido con el apoyo de videos interactivos ha sido muy buena, con base en los

resultados de las encuestas por parte de los alumnos, y también por los resultados obtenidos en el Departamento de Física sobre las evaluaciones departamentales, y los promedios de los exámenes finales, que para estos grupos se encuentran entre los más altos. Además de comentarios bastante positivos de parte de la gran mayoría de los alumnos en favor de este proceso de enseñanza-aprendizaje. En relación a replicar estas estrategias de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de competencias del Profesor Tec21, es muy efectiva la estrategia de impartición de cursos a través del CEDDIE y el Departamento de Formación de Profesores.

### **Conclusiones**

Se ha presentado en este proyecto Novus 2014 una estrategia enseñanza-aprendizaje tipo aula invertida y aprendizaje híbrido, implementada con diversos elementos para el aprendizaje adaptativo, como es el caso de los videos interactivos a través de la plataforma educativa EDpuzzle. Este proceso le ayuda al estudiante a mejorar su nivel de aprendizaje y el profesor logra que sus alumnos sean más reflexivos y adquieran las competencias disciplinares y transversales según su perfil profesional. Se ha logrado en general una mejora en el desempeño académico de los alumnos de acuerdo a los indicadores departamentales. Por otro lado, los alumnos en las encuestas se muestran satisfechos y reconocen un mejor desempeño académico obtenido.

### **Referencias**

- Clapp, W., Rubens, M., Sabharwal J., and Gazzaley, A. (2011). *“Deficit in switching between functional brain networks underlies the impact of multitasking on working memory”* Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, vol. 108, pp. 7212–7217.
- Khan, S. (2011). *“Let’s use video to reinvent education.”* [www.ted.com](http://www.ted.com), marzo 2011.
- Lage, M., Platt, G., & Treglia, M. (2000). *“Inverting the Classroom: A gateway to Creating an Inclusive Learning Environment,”* Journal of Economic Education.
- Tenneson, M. & Mcglasson, B. (2006). *“The Classroom Flip”*.
- Mortera Gutiérrez, F. (2007). *“El aprendizaje híbrido o combinado (Blended Learning)”*.

### **Reconocimientos**

Se agradece al CEDDIE, Campus Monterrey, así como al Departamento de Formación de Profesores por el apoyo y la capacitación recibida en cursos y talleres de innovación educativa, a fin de enriquecer el desarrollo de Proyecto Novus 2014, Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey. También se agradece al Departamento de Innovación y Diseño para la Enseñanza-Aprendizaje por el apoyo recibido en el diseño y desarrollo del curso de videos interactivos para ser impartido en formato en línea.