

# Aula invertida (*flipped classroom*): innovando las clases de física<sup>1</sup>

Flipped Classroom: innovating physics classes

Tobias Espinosa<sup>1</sup>, Ives Solano Araujo<sup>1,2</sup> e Eliane Angela Veit<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup>Becario de CNPq.

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

E-mail: tobias.espinosa@ufrgs.br

(Recibido el 27 de septiembre; aceptado el 10 de octubre)

## Resumen

Aulas puramente expositivas, con alumnos pasivos y comúnmente inhibidos a cualquier acción interactiva. Ese retrato de la enseñanza tradicional difiere del perfil de los alumnos actuales, los cuales en su mayoría están constantemente conectados a internet, con acceso fácil a la información y habituados a ambientes interactivos, sean estos virtuales o presenciales. Una posible corrección a esa disonancia se encuentra en la inversión de la sala de clase, lo que significa que los alumnos toman contacto con el contenido en casa y el tiempo disponible en la sala de clase que, tradicionalmente, es utilizado para exposiciones prolongadas del profesor, es utilizado para que los alumnos estudien, interactuando activamente con sus pares y con el profesor. El presente artículo presenta la metodología de enseñanza conocida como *aula invertida* y diferentes métodos que permiten esa inversión en la enseñanza de la física. Discutimos los motivos que pueden incentivar al profesor a modificar su práctica, como también las principales dificultades que puede encontrar en ese proceso.

**Palabras clave:** Aula invertida; Innovación didáctica; Enseñanza de la física.

## Abstract

Lectures, with passive students, usually inhibited to any interactive action. This picture of traditional teaching methods diverges from the current students' profile, who are mostly connected to the internet, with easy access to information and accustomed to interactive environments, whether virtual or face-to-face. A possible correction to this dissonance lies in the inversion of the classroom, which means that the students make the first contact with the content at home and the time available in class, that is traditionally used for long expositions of the instructor, is occupied by students interacting actively with their peers and the instructor to solve problems. This paper presents the flipped classroom methodology and different methods that allow this inversion in physics education. We also discuss the reasons that may encourage the physics instructor to modify his/her practice, as well as the main barriers he/she may face-off in this process.

**Keywords:** Flipped classroom; Didactic innovation; Physics education.

## I. INTRODUCCIÓN

Comúnmente escuchamos a profesores diciendo: “*nuestros alumnos no son más como eran antiguamente*”. Y, de hecho, no lo son. Sobre todo, los alumnos actuales no son los mismos para los cuales nuestro sistema tradicional fue creado (Prensky, 2001). En su día a día, muchos están constantemente conectados a redes sociales y acostumbrados al acceso directo a informaciones en sus *smartphones*, *tablets* o computadoras, tan solo con tener algún interés en buscarlas. Para ellos, largas clases expositivas centradas en el profesor, con pocas posibilidades de interacción y elevado grado de pasividad, son altamente desalentadoras y carentes de significado. Dentro de los innumerables desafíos enfrentados por los profesores para promover un aprendizaje significativo de los contenidos, la divergencia entre el perfil de los alumnos actuales y el modelo de enseñanza ocupa una posición importante. La pregunta que se presenta es: ¿cómo hacerlo diferente?

<sup>1</sup> Publicado en portugués en revista Física na Escola (Espinosa, T., Araujo, I. S. y Veit, E. A., 2016). Traducción de Maria Elena Truyol de la Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello Providencia, Santiago, Chile.

Ciertamente no hay una única respuesta para esta pregunta. Investigadores y profesores de diversas áreas, en particular de enseñanza de la física, han venido realizando esfuerzos para cambiar la sala de clase por medio de un aprendizaje más activo (*active learning*). Aprendizaje activo, en este contexto, involucra la realización de actividades de enseñanza que permitan a los alumnos involucrarse cognitivamente y reflexionar a lo largo del proceso sobre aquello que están haciendo (Bonwell y Eison, 1991). Entre diversas formas posibles de implementa tales actividades, una metodología de enseñanza en particular se ha destacado en los últimos años: el *aula invertida* (*flipped classroom*) (Bergmann y Sams, 2012). En ella, los alumnos entran en contacto con los tópicos a ser discutidos en la clase a través de actividades previas a las clases. Eso puede ser realizado en casa, por ejemplo, por medio de lecturas y/o visualización de videos indicados por el profesor con algunas preguntas sobre el contenido tratado en esos recursos. En la sala de clase, los alumnos, usualmente de forma colaborativa, realizan actividades experimentales, de simulación computacional y/o resolución de problemas, por ejemplo. Al “invertir” el aula, o sea, centrar la enseñanza en los alumnos y resignificar el papel del profesor para mucho más que la transmisión de información, se gana tiempo en la sala para que actividades más nobles ocurran, tales como discusiones pormenorizadas sobre conceptos físicos y la atención de las dificultades específicas presentadas por los alumnos.

Por eso, es importante que más profesores conozcan maneras de diversificar sus prácticas y se sientan motivados para hacerlo. No existe una única manera de invertir el aula. El docente necesita tener libertad para elegir entre diferentes métodos de enseñanza y, de manera crítica, modificarlos cuando sea necesario para que puedan ser aplicados en su contexto educativo.

A pesar de la amplia divulgación alcanzada por la “Aula invertida”, muchas veces son difundidas concepciones equivocadas o incompletas que dificultan su adopción por parte de profesores interesados en modificar sus clases. Además, a pesar de que la inversión de la sala de clases pueda ser realizada prácticamente en cualquier disciplina (Roehl, Reddy y Shannon, 2013), existen desafíos particulares en cada una de ellas.

El presente trabajo tiene como propósito presentar el “aula invertida” y discutir algunos desafíos y posibilidades de implementación en clases de física.

## II. AULA INVERTIDA (*FLIPPED CLASSROOM*)

El término “*flipped classroom*”, o en traducción libre “*aula invertida*”, es comúnmente asociado a los trabajos de los profesores norteamericanos Jonathan Bergmann y Aaron Sams (2012), que publicaron un libro en que divulgan una manera de invertir la sala de clases en la cual las exposiciones orales tradicionales del profesor son sustituidas por videos para ser asistidos por los estudiantes fuera de la sala de clase. En el libro, los profesores Bergmann y Sams, a través de la experiencia acumulada en años enseñando química en las escuelas de enseñanza media, buscan incentivar y ayudar en el cambio de la práctica docente. A pesar de ser una referencia en relación a la metodología de *aula invertida*, los propios autores destacan que el término no pertenece a ningún profesor o investigador específico y que diversos métodos ya existentes podrían ser caracterizados como formas de inversión del aula. Pero, en definitiva, ¿qué es el *aula invertida*?

*Aula invertida* es una metodología de enseñanza que invierte la lógica tradicional de enseñanza. El estudiante tiene el primer contacto con el contenido que ira a aprender a través de actividades extras, previas a la sala de clases. En la sala los estudiantes son incentivados a trabajar colaborativamente entre si y cuentan con la ayuda del profesor para realizar tareas asociadas a la resolución de problemas, entre otras (Bergmann y Sams, 2012).

El contacto inicial con la información puede ser hecho por medio de videos, textos o cualquier otro material de apoyo, los cuales pueden ser ofrecidos por el profesor de manera online. En las clases tradicionales, un breve momento de distracción del estudiante durante la exposición del profesor puede ser suficiente para dificultar la comprensión adecuada de alguna explicación. Por el contrario, en el *aula invertida*, el alumno estudia en su casa a su propio ritmo, teniendo la opción de pausar el video o reproducirlo la cantidad de veces que considere necesario o, en caso de textos, puede re leer varias veces lo que no comprendió. En caso de dudas, el estudiante tiene la posibilidad de recurrir a otras fuentes de información (ej. Páginas de internet, videos, libros, etc.). Además, también se recomienda que el profesor pida a los estudiantes que escriban y envíen sus dudas para que él pueda abordarlas en la clase.

En la sala de clase, el foco está orientado a la aplicación de los conceptos estudiados en casa por los estudiantes. Como se mencionó anteriormente, eso puede ser hecho a través de resolución de problemas, actividades experimentales y/o simulaciones computacionales, etc. En esas tareas se estimula la interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor, habiendo un cambio tanto en el papel del profesor como en el del estudiante. Como bien reiteran Bergmann y Sams (2012), “*el papel del profesor en la sala es el*

de auxiliar a los estudiantes, y no el de transmitir información". Por su parte, el estudiante asume una postura activa y, muchas veces, contribuye para el aprendizaje de sus compañeros por medio de sus explicaciones.

La creciente popularización del *aula invertida* hace que cada vez más profesores la adopten. En contrapartida, comúnmente son diseminadas ideas equivocadas al respecto. A seguir comentamos algunas de ellas (Schell, 2013).

#### **A. El *aula invertida* no es algo inédito y no existe una única manera de invertir la sala de clase**

Innovaciones en la sala de clase no son tan recientes como parecen. Al final del siglo XIX, por medio del método de estudios de caso, comenzaron a aparecer las primeras iniciativas de cubrir la información fuera de la sala de clases y de prácticas orientadas en la sala de clases. Uno de los métodos de inversión de sala de clases más difundidas en la enseñanza de la física, la *instrucción por pares* (*Peer Instruction*) (Mazur, 2015), tuvo origen en la década de 1990. Otros métodos, como Enseñanza Justo a Tiempo (*Just-in-time Teaching*) (Novak y otros, 1999), *aprendizaje basado en equipos* (*Team-Based Learning*) (Michaelsen, Knight y Fink, 2004), Aprendizaje Basado en Proyectos (*Project-Based Learning*) (Hernández, 1998) y Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem-Based Learning*) (Barrows, 1980) tienen origen en las décadas de los 70 y 90. Algunos de esos métodos son presentados brevemente en la Sección IV. Podemos retroceder aún más en el tiempo con Sócrates (469 a.C.-399 a.C.), que proponía el dialogo activo a través de discursos mayéuticos (método socrático), los cuales inducen al interlocutor a pensar, hacer y reflexionar por sí mismo. Si pensamos bien, tal vez lo extraño sea la insistente preponderancia de clases centradas en el profesor y con estudiantes pasivos.

#### **B. Invertir la sala de clases no implica necesariamente el uso de video-aulas**

Utilizar videos para el estudio en casa de los estudiantes es apenas una posibilidad. Como se mencionó anteriormente, en vez de mirar un video, el profesor puede pedir la lectura de un texto, por ejemplo. Y no se trata solo de ofrecer videos o textos a los estudiantes, invertir la sala de clases también tiene que ver con lo que se hace con ese estudio previo. Para eso, el profesor puede orientar alguna actividad, como pedir a los estudiantes hagan anotaciones sobre lo que están estudiando, elaboren preguntas, o que respondan algunas preguntas. El profesor, en posesión de la información proveniente del estudio de los estudiantes, consigue mapear las dificultades y, así, preparar explicaciones puntuales a ser realizadas en la sala de clases. Es imprescindible resaltar que el *aula invertida* no se restringe al uso de videos y que tampoco elimina el papel del profesor en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Son diversas las potencialidades relacionadas a la inversión de las clases de física. En la próxima sección discutimos sobre algunos motivos por los cuales el profesor puede ser incentivado a modificar su práctica.

### **III. ¿POR QUÉ INVERTIR LAS CLASES DE FÍSICA?**

Los cambios en las clases de física pueden venir de la percepción docente sobre los beneficios vinculados a ellos. En este sentido, exponemos algunos motivos para invertir la sala de clases.

#### **A. El *aula invertida* resignifica el rol del profesor**

En clases tradicionales, usualmente el profesor asume el papel de transmisor de información, utilizando buena parte del tiempo en la sala de clases para comunicar verbalmente conceptos de física y escribir la solución de ejercicios resueltos en la pizarra. En medio de estudiantes nacidos en la era de internet y con acceso a herramientas de tecnología de la información, la diseminación de informaciones puede ser hecha de forma más eficiente en contextos educacionales que salgan de la zona de carencia absoluta de condiciones materiales. El propio estudiante, además de tener acceso a los libros de texto, puede acceder a información con poca dificultad a través de su *smartphone* si tiene interés. En el *aula invertida* el docente se torna responsable de crear, seleccionar y organizar el estudio, bien como auxiliar de los estudiantes, resolviendo las dudas de ellos y concentrando más atención a las cuestiones específicas de cada uno en los encuentros presenciales. El profesor de física, disponiendo del tiempo ganado en la sala de clase al disminuir considerablemente el tiempo destinado a las exposiciones orales, puede concentrarse en orientar actividades en la sala enfocadas en el involucramiento cognitivo de los estudiantes y en el estímulo de la autonomía del estudiante, enriqueciendo así su práctica.

## **B. Invertir el aula coloca al alumno en el centro del proceso educativo**

En las clases convencionales, el profesor es el centro del proceso educativo, la atención está orientada hacia él la mayor parte del tiempo. En el *aula invertida* los alumnos ocupan la posición central. El profesor pasa a poner menos atención a cómo va a exponer determinado contenido y más atención con respecto a las actividades que serán desarrolladas por los estudiantes para construir sus conocimientos. Los estudiantes se tornan corresponsables del propio aprendizaje y del de sus pares. Cuando están en casa son encargados de prepararse para las actividades que serán desarrolladas en el aula (Urban, 2016). En clases, son responsables de ayudar a sus compañeros en las actividades y contribuir en las discusiones orientadas por el profesor, lo que a su vez proporciona la oportunidad de consolidar lo que se está aprendiendo.

## **C. En el *aula invertida* son tenidos en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes**

De acuerdo a lo apuntado por Ausubel (1980), el factor aislado más importante para el aprendizaje es aquellos que el estudiante ya sabe. En las clases tradicionales, las posibilidades del profesor para acceder a los conocimientos previos de los estudiantes pueden ser bastante restringidas debido al tiempo limitado que se dispone en clase. En el *aula invertida*, las dificultades y dudas enfrentadas por los estudiantes en sus estudios en casa son llevadas al conocimiento del profesor, que las utiliza para planificar las actividades que serán realizadas en los encuentros presenciales. Las dudas y errores percibidos en la etapa de preparación son el punto de partida y combustible para las discusiones en clase.

## **D. El *aula invertida* lidia con la heterogeneidad de la sala de clase**

Muchas veces, las clases preparadas con métodos de enseñanza tradicionales tiene como objetivo un “estudiante promedio” hipotético, situado en posición intermedia entre los que presentan más facilidad de comprensión y los que presentan menos. Al no tener consideración sobre las especificidades de los estudiantes reales, no es raro que las actividades de enseñanza terminen por no llegar a ninguno. En la clase invertida, la heterogeneidad usualmente presente en la mayor parte de los grupos, además de ser tomada en consideración a través del acceso a los conocimientos previos de los estudiantes, es bienvenida por estimular las discusiones entre los pares. Hipotéticamente, si todos los estudiantes fueran iguales y supieran todo, nada podría ser debatido; de manera análoga, si todos los estudiantes tuvieran dificultades muy grandes en la comprensión de los conceptos, la discusión también se vería perjudicada. La diversidad beneficia a los estudiantes que comprendieron más rápidamente el contenido y tienen la chance de consolidar su propio aprendizaje enseñando, y también ayuda a aquellos que presentaron dificultades, que tienen oportunidad de aprender con sus pares y, por medio de sus dudas, estimulan las discusiones. Es importante destacar que tales roles asumidos por los estudiantes no son necesariamente fijos, pudiendo alternar a lo largo de las actividades.

## **E. Metodologías activas de enseñanza basados en el modelo de *aula invertida* pueden ayudar al desarrollo de hábitos de estudio en los estudiantes**

En diversos contextos educacionales, los estudiantes no están acostumbrados a estudiar en casa, a no ser en la víspera de una prueba, cuando mucho. En la clase tipo *aula invertida*, todo el contenido que los estudiantes estudiarían en víspera de alguna tarea de evaluación es dividido en pequeñas partes que no lo sobrecargan. Ellos pueden leer algunas páginas del libro de texto (dos o tres secciones) o ver un video corto (menos de 20 minutos de duración), por ejemplo. A través de las tareas de preparación previa, los estudiantes tienden a adquirir el hábito de estudiar, no teniendo que dedicar esfuerzos altamente desgastantes y poco eficientes horas antes de algún examen (Marrs y Novak, 2004).

## **F. El *aula invertida* puede ayudar a los estudiantes en el desarrollo de la capacidad de reflexión y de la habilidad de elaborar buenas preguntas**

Saber elaborar buenas preguntas es tan importante como saber responderlas (Urban, 2016). Para desarrollar tal habilidad es esencial que el estudiante consiga reflexionar sobre aquello que está estudiando. En las clases tradicionales, el profesor dicta el ritmo y los estudiantes interesados intentan seguir las explicaciones. Ese tipo de abordaje, muchas veces causa en el estudiante un sentimiento equivocado de que entendió el contenido y, no raramente, cuando intenta aplicar ese conocimiento percibe que no entendió. En el *aula invertida* el ritmo es dado, en parte, por el estudiante. A partir del contacto previo con el contenido, ellos tienen tiempo para pensar sobre lo que se está estudiando. Además de eso, al pedir que los estudiantes elaboren preguntas sobre el contenido del material de estudio, el profesor está estimulando el

desarrollo tanto de la capacidad de reflexión como la habilidad de elaboración de preguntas. Esa práctica, en contrapartida con el método tradicional, puede causar en el alumno una sensación de incomodidad, o sea, puede sentirse confuso al percibir que aquello que pensaba que tenía comprendido correctamente, la verdad no lo estaba. Sin embargo, como bien destacan Down, Araujo y Mazur (2015), tal sentimiento puede ser una indicación de involucramiento cognitivo, lo que puede contribuir en el aprendizaje.

### **G. La inversión de la sala de clase puede estimular el desarrollo de habilidades relacionadas al trabajo colaborativo**

No basta con que los estudiantes aprendan los contenidos y a resolver problemas de física, es esencial en la sociedad contemporánea que las personas adquieran habilidades relacionadas al trabajo colaborativo, como, por ejemplo: saber oír y comunicar ideas, contribuir en discusiones, respetar y ser flexibles delante de conflictos. Adicionalmente, según Vygotsky (1988), el proceso de enseñanza aprendizaje se construye por medio de interacciones sociales, las cuales pueden ocurrir entre el profesor y los estudiantes, pero también por interacciones entre los propios estudiantes. En el *aula invertida*, el tiempo en clase puede ser destinado a la resolución de problemas de física, en pequeños grupos mediados por el profesor. Con eso, los estudiantes pueden resolver tareas colaborativamente que tal vez no serían capaces solos. Además, explicar de manera que otras personas entiendan los ayuda a aprender (Urban, 2016).

Los aspectos mencionados anteriormente no agotan las potencialidades resultantes de la inversión de las clases de física. Investigaciones en enseñanza de la física muestran que las metodologías activas de enseñanza pueden mejorar la comprensión de conceptos físicos (ej. Hake, 1998; Crouch y Mazur, 2001; Oliveira, Veit y Araujo, 2015; Espinosa, 2016), disminuir las tasas de reprobación y deserción (ej. Lasry, Mazur y Watkins, 2008; Watkins y Mazur, 2013), desarrollar actitudes positivas en relación a las clases de física, comparadas con las clases tradicionales (ej. Oliveira, Veit y Araujo, 2015; Espinosa, 2016). En la próxima sección, describiremos algunas metodologías activas de enseñanza que están generando los resultados aquí apuntados para la enseñanza de la física.

## **IV. DIFERENTES METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA INVERTIR LAS CLASES DE FÍSICA**

No hay manera infalible para enseñar física (o cualquier contenido que sea), tampoco un único método de invertir la sala de clase. El profesor, conociendo diferentes abordajes, tiene la posibilidad de decidir cuál de ellas se ajusta mejor a su contenido de enseñanza. En esta sección, presentaremos algunos métodos activos de enseñanza que vienen mostrando resultados en la inversión de clases de física, resaltando información que puede resultar de utilidad en sus respectivas implementaciones.

### **A. Aula invertida mediante la utilización de videos**

El método de inversión de la sala de clase desarrollado por los profesores Jonathan Bergmann y Aaron Sams (2012), cuya principal estrategia es el uso de videos, es, posiblemente, uno de los más conocidos y difundidos. Uno de los motivos por lo que se popularizó es su simplicidad.

En este método, los alumnos en casa asisten a un video de 10 a 15 minutos con el contenido a ser estudiado. Mientras miran el video, realizan anotaciones y formulan preguntas para llevar a la sala de clases. En clase, durante los primeros 10 minutos, el profesor esclarece las dudas de los estudiantes y seguidamente los involucra en actividades de resolución de problemas, experimentales y/o de simulaciones computacionales, las cuales son realizadas en pequeños grupos. En ese proceso, el profesor circula por la sala de clases orientando los alumnos y ayudándolos a resolver sus dudas.

El profesor que decide implementar ese método en su clase de física puede producir sus propios videos y ponerlos a disposición de sus estudiantes, o utilizar videos disponibles en internet. Para crearlos, dos opciones básicas se destacan: filmación de las exposiciones orales del profesor para un grupo real o sólo para la cámara; también la captura de sonido e imagen del computador por medio de softwares específicos, como *Jing*<sup>2</sup>, *Camtasia Studio*<sup>3</sup>, *CamStudio*<sup>4</sup> o *RecordMyDesktop*<sup>5</sup>. Al optar por la captura de pantalla,

<sup>2</sup>Herramienta gratuita para captura de imagen de la pantalla del computador y el sonido. Disponible en: <<http://www.jingproject.com>>.

<sup>3</sup>Uno de los programas (pagos) más populares para captura de imagen y sonido de pantalla y edición de videos. Disponible en: <<https://www.techsmith.com/camtasia.html>>.

<sup>4</sup>Software gratuito y *open source* para capturar la pantalla del computador. El *CamStudio* está disponible para descarga solo en *Windows*. Disponible en: <<http://camstudio.org/>>.

<sup>5</sup>Programa gratuito y *open source* destinado a usuarios GNU/Linux que desean capturar la pantalla del computador. Disponible en: <<http://recordmydesktop.sourceforge.net/about.php>> o en la central de programas de Ubuntu.

pueden crear presentaciones de diapositivas o escribir en la pantalla del computador, utilizando una mesa digitalizadora y un software adecuado, como *Smooth Draw*<sup>6</sup>. La escritura (o dibujo) en la pantalla, una de las técnicas más utilizadas en video aulas actualmente, vuelve la explicación más dinámica, posibilitando que los estudiantes sigan las construcciones del profesor, como si estuviese frente a la pizarra. Tanto la filmación del propio profesor, como la captura de imagen y sonido en el computador, pueden ser combinadas para la producción de videos que también pueden contener materiales preexistentes.

La construcción de videos puede ser una tarea desafiante para los profesores, ya sea por la falta de tiempo o por la falta de dominio de las herramientas necesarias. En ese caso, el docente puede utilizar videos disponibles gratuitamente en *YouTube*. Entre los varios canales de física de calidad pueden encontrarse: *MinutoDeFísica*, *unicoos* y en el ámbito de la divulgación científica, *CdeCiencia* y *Veritasium*, que a pesar de ser en inglés posibilita la inserción de subtítulos. Esos canales no agotan la cantidad de buenos videos disponibles en internet, que crece día a día.

El *aula invertida* de Bergmann y Sams es apenas una de muchas alternativas de invertir las clases de física. A seguir, presentamos la metodología *Just-in-Time Teaching* (Enseñanza Justo a Tiempo).

## B. Enseñanza Justo a Tiempo (*Just-in-Time Teaching*)

La *Just-in-Time Teaching*, o en traducción libre *Enseñanza Justo a Tiempo*, fue desarrollada por el profesor de física Gregor M. Novak y sus. Colaboradores en la IUPUI (Indiana University-Purdue University Indianápolis) y la Academia de la Fuerza Aérea, ambas en los Estados Unidos. El método propone, con ayuda de la tecnología, conectar tareas preparatorias realizadas fuera de la sala de clases con la dinámica establecida dentro de ella. Los estudiantes, en casa, se preparan para las clases; el profesor, a su vez, prepara sus clases “a medida” por medio de la retroalimentación que recibe de los estudiantes.

En las palabras de Novak y otros (1999, p. 33, traducción propia), la “enseñanza justo a tiempo consiste en una mezcla cuidadosamente orquestada de actividades de aprendizaje”. Los estudiantes realizan algunas de esas actividades fuera de la sala de clase, en su ritmo propio. Ellos estudian un material indicado (ej. Secciones de libro, video) y responden algunas preguntas. Las respuestas son enviadas electrónicamente al profesor, el cual las utiliza para organizar las actividades de la sala de clases. La dinámica de la sala de clases varía, pudiendo contar con pequeñas exposiciones orales del profesor, demostraciones experimentales, simulaciones computacionales y resolución de problemas en pequeños grupos. La *enseñanza justo a tiempo* no es rígida y puede ser acoplada a otros métodos activos de enseñanza, o sea, no existe una única manera de usarla. Por lo tanto, sea cual sea la dinámica establecida en sala de clases, ella debe tener en cuenta las respuestas de los estudiantes a las tareas de preparación. El aspecto esencial de la *enseñanza justo a tiempo* es la conexión entre lo que es hecho fuera y dentro de la sala de clases (Novak y otros, 1999).

Seguidamente, describimos detalladamente las tareas extra clases y en clase que componen el método, tanto del punto de vista del estudiante como del profesor.

### B.1. Actividades extra clases

Las actividades extra clases son fundamentales en la aplicación del método. Por medio de las respuestas surgidas en las tareas de preparación, el profesor determina la manera por la cual la física será presentada y discutida en la sala de clases.

Inicialmente, el profesor envía a sus estudiantes, con por lo menos dos días de antelación, alguna tarea, generalmente, la indicación de algún texto en torno a tres cuestiones conceptuales a ser respondidas y enviadas por los estudiantes, por medio electrónico. El docente puede solicitar la lectura de algunas secciones del libro o indicar algún texto o video online. Sea cual fuere la herramienta, el contenido no puede ser demasiado extenso (cinco páginas promedio, en el caso de un texto) y debe tener un lenguaje claro. Entre las cuestiones, es imprescindible que una de ellas sea una pregunta de retroalimentación sobre la comprensión del material indicado (Araujo y Mazur, 2013). La pregunta de retroalimentación puede tener la redacción mostrada en la figura 1.

En la lectura del material indicado usted ¿encontró alguna cuestión confusa? En caso afirmativo explicité en detalle aquello que encontró confuso En caso que no haya encontrado nada confuso en relación al contenido estudiado, diga lo que más despertó su interés. En este espacio usted también puede hacer preguntas.

**FIGURA 1.** Ejemplo de pregunta de retroalimentación sobre la comprensión del material de la tarea de preparación.

<sup>6</sup>Software gratuito para escribir (o dibujar) en la pantalla del computador. Disponible en: <<http://www.smoothdraw.com/sd>>.

Sobre las preguntas sobre el contenido estudiado, ellas pueden ser de dos tipos: *WarmUps* y *Puzzles* (Novak y otros, 1999).

Las preguntas del tipo *WarmUp* (en traducción libre preguntas de preparación) son el corazón del método *enseñanza justo a tiempo*, ya que ofrecen al estudiante una visión reflexiva del nuevo contenido que está siendo estudiado e impulsan las actividades de sala de clase. Son preguntas que abordan aspectos conceptuales centrales sobre el contenido y pueden, en algunos casos, presentar una situación ligada a lo cotidiano, sin utilizar muchos términos físicos. Al responder a preguntas del tipo *WarmUp*, se desea que los estudiantes sean capaces de saber sobre cuales tópicos será la clase, entender y describir las situaciones representadas en la pregunta y reflexionar sobre las respuestas, pudiendo no tener certeza sobre ellas, ni saber todos los detalles.

Las *WarmUps* pueden ser de tres tipos: de ensayo (figura 2), estimativa (figura 3) y de opción múltiple (figura 4). Cada una de ellas atiende a objetivos diferentes. Las preguntas de ensayo incentivan a los estudiantes a entender conceptos físicos y aplicarlos a problemas del mundo real. Los estudiantes son incentivados a expresar, a través de un escrito, relaciones entre diferentes magnitudes, y no a utilizar ecuaciones, ayudando al desenvolvimiento de habilidades de comunicación. Las preguntas estimativas sirven para que los estudiantes aprendan a resolver problemas no estructurados, desenvuelvan pensamiento crítico y adquieran cierta intuición sobre los fenómenos físicos. Por su parte, las preguntas de opción múltiple, al contrario de las de ensayo, llevan al estudiante a considerar varias posibilidades, explorando posibles concepciones alternativas sobre el concepto que se está estudiando. Inclusive, las opciones múltiples son buenas para iniciar discusiones en la sala de clase considerando lo que esté equivocado en cada una de las alternativas incorrectas.

Una persona localizada en el norte de Canadá, más precisamente sobre uno de los polos magnéticos, realiza experimentos para verificar la orientación de las líneas de inducción magnética que representa el campo magnético terrestre en la superficie de la Tierra. La persona, ¿constatará que las líneas de inducción son paralelas, perpendiculares u oblicuas en relación a la superficie? ¿Serán líneas entrando o saliendo de la superficie de la Tierra? Explique el porqué de sus respuestas.

FIGURA 2. Ejemplo de pregunta *WarmUp* de ensayo.

Un automóvil derrapa hasta parar con los frenos bloqueados y deja marcas del derrape de 30 m de largo. ¿Qué informaciones sobre el automóvil necesita la policía para ser capaz de estimar cuán rápido el auto estaba viajando cuando el conductor piso el freno? Explique el porqué de su respuesta.

FIGURA 3. Ejemplo de pregunta *WarmUp* estimativa (Self et al, 2005, traducción libre).

La velocidad de la onda en una cuerda depende:

- De la amplitud de la onda
- De las propiedades materiales de la onda
- De las dos anteriores
- De ninguna de las anteriores

FIGURA 4. Ejemplo de pregunta *WarmUp* de opción múltiple (Mazur, 2015, traducción libre).

Las preguntas del tipo *Puzzle* normalmente necesitan la articulación de diferentes conceptos para ser resueltas. La principal diferencia entre las preguntas de tipo *Puzzle* y las *WarmUp* es la complejidad de la pregunta y la precisión esperada en las respuestas (Novak y otros, 1999). Las *WarmUp* sirven para introducir y hacer que el estudiante reflexione sobre el nuevo contenido que aún no fue discutido en clase, mientras que las *Puzzle* encierra y revisa algún tópico y articula diferentes conceptos estudiados. Las *WarmUps* están directamente conectado con el material de estudio; las *Puzzle* puede requerir informaciones adicionales y tiene en consideración las discusiones ya establecida en clases anteriores. Ese tipo de preguntas pueden ser utilizadas también en clase para fomentar discusiones en pequeños grupos.

Los *Puzzles* pueden ser adaptaciones de problemas de libro de texto. Las preguntas conceptuales propuestas por Mazur (2015) y los test sobre concepciones relativas a fuerza y movimiento (Silveira, Moreira y Axt, 1992) y corriente eléctrica en circuitos simples (Silveira, Moreira y Axt, 1989), por ejemplo, también son buenas fuentes para preguntas. Adicionalmente, una rápida búsqueda en Google puede ayudar al

profesor a encontrar preguntas pertinentes. El factor más importante es que exista relación entre las preguntas y las actividades que serán propuestas para la clase. La figura 5 muestra un ejemplo de *Puzzle*.

Con respecto a la magnetización de la materia, marque la alternativa correcta:

- La temperatura del material favorece su magnetización, dado que la agitación térmica tiende a alinear los imanes elementales del material con el campo magnético externo.
- En los materiales paramagnéticos los imanes elementales, localizados dentro de regiones llamadas dominios magnéticos, se alinean débilmente con un campo magnético externo.
- Los materiales ferromagnéticos pueden permanecer magnetizados después de la acción de un campo magnético externo, fenómeno llamado de histéresis magnética.
- Los materiales diamagnéticos poseen imanes elementales permanentes debido al movimiento orbital del electrón y de su spin. Esos imanes se encuentran aleatoriamente orientados, o que provoca intensa fuerza atractiva entre el material y un campo magnético externo.

FIGURA 5. Ejemplo de pregunta *Puzzle* (Oliveira, Veit y Araujo, 2013).

Otras actividades pueden ser acopladas para enriquecer las actividades de casa, como por ejemplo: simulaciones interactivas (ej. PhET<sup>7</sup>), textos y discusiones online que motiven a los estudiantes (ej. Pregunta al CREF<sup>8</sup>), noticias sobre acontecimientos de física, podcasts, blogs y canales de *YouTube* orientados a la divulgación científica. Además de eso, pueden ser utilizadas listas de problemas. La selección de actividades y la forma de presentarlas varían de acuerdo con los objetivos del profesor y de la institución.

El profesor precisa enviar las actividades previas a los estudiantes, que, a su vez precisan enviar las respuestas al profesor. Una forma eficiente de hacerlo es utilizando *Google Forms*<sup>9</sup>, que consiste en una herramienta gratuita que permite crear formularios y colgar en línea (enviando un vínculo a los estudiantes) para que puedan ser respondidos. Las respuestas son organizadas en tablas, las cuales el autor del formulario tiene acceso (Heidemann, Oliveira y Veit, 2010).

Las respuestas de los alumnos precisan ser evaluadas por el profesor, pero no en términos de bien o mal, sino en términos del razonamiento demostrado y del involucramiento con la actividad. Lo interesante es que los estudiantes reflexionen sobre el material estudiado y envíen al profesor una retroalimentación capaz de enriquecer las actividades de la sala de clases.

En posesión de las respuestas de los estudiantes a las tareas de preparación, el profesor puede adecuar sus exposiciones orales. Algún tiempo antes de la clase, el profesor precisa analizar y seleccionar las respuestas que posibiliten una mejor presentación del contenido, lo que no representa necesariamente las respuestas correctas. Descripciones que señalen concepciones alternativas son buenas fuentes de discusión en la sala de clases. El profesor puede tener una clase preparada previamente, con videos, simulaciones, ejemplos cotidianos, demostraciones experimentales, y ajustarlas usando los recursos más pertinentes a las cuestiones señaladas y dudas surgidas en las tareas de preparación.

## B.2. Actividades en clase

El aspecto más importante es que la discusión de las *WarmUps* y *Puzzles* son la propia clase. El desarrollo de las explicaciones de las teorías y conceptos físicos está relacionado con las preguntas propuestas por el profesor y las respectivas respuestas de los estudiantes (Novak y otros, 1999). Los estudiantes precisan percibir que sus esfuerzos para realizar la tarea de preparación son la esencia de la clase, así, se involucran cada vez más en las actividades. Con eso, las actividades en clase previstas por la *enseñanza justo a tiempo* se dividen en dos tipos complementares: aulas expositivas interactivas y práctica colaborativa.

Las clases expositivas interactivas son exposiciones orales (normalmente divididas en pequeñas etapas de aproximadamente 15 minutos) que el profesor organiza utilizando las preguntas y respuestas de los estudiantes a la tarea de preparación. A partir del análisis realizado, algunas horas antes de la clase, se

<sup>7</sup>PhET simulaciones interactivas es un proyecto de la Universidad de Colorado (EUA), fundado en 2002 por el Premio Nobel de Física Carl Wieman, que cuenta con un gran reservorio de simulaciones de diversos contenidos de Física, Química, Biología, Ciencias de la Tierra y Matemática. También presenta una serie de propuestas de actividades a ser usadas con las simulaciones. Disponible en: <<https://phet.colorado.edu/es/>>

<sup>8</sup>El CREF, Centro de Referência para o Ensino de Física do Instituto de Física de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), posee una sección destinada a resolver dudas conceptuales de física, la mayoría de las veces ligadas a lo cotidiano. Las respuestas son dadas normalmente por especialistas del propio Instituto. Disponible en: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/>>.

<sup>9</sup>Herramienta electrónica gratuita utilizada para crear cuestionarios, ofrecerlos a los estudiantes y recibir respuestas organizadas en tablas. Disponible en: <<http://docs.google.com>>.

construye la manera en que los conceptos físicos son presentados. Se recomienda que sean mostradas las respuestas de los alumnos (en forma anónima) y, en cada clase, respuestas de estudiantes diferentes sean utilizadas para que todos tengan sus aportes puestos en las discusiones. El profesor, si es posible, no debe dejar preguntas sin respuestas.

La práctica colaborativa consiste en organizar los alumnos en pequeños grupos para resolver problemas. La preparación para esas clases puede ser hecha por medio de la resolución de problemas de final de capítulo, por ejemplo. En un comienzo de la clase, en aproximadamente 20 minutos, el profesor revisa los problemas de casa. Seguidamente los estudiantes son organizados y reciben nuevos problemas más complejos para resolver. Se recomienda que todos los grupos trabajen en un mismo problema facilitando así el intercambio de informaciones entre los grupos.

Como se mencionó anteriormente, la *enseñanza justo a tiempo*, es un método flexible, lo que implica que la práctica colaborativa puede ser aplicada de diversas maneras diferentes, inclusive con la conjunción de otros métodos activos de enseñanza. A seguir, presentamos dos métodos que, además de poder ser utilizados individualmente, pueden ser acoplados a la *enseñanza justo a tiempo*: la *instrucción por pares* y el *aprendizaje por grupos colaborativos*.

### C. Instrucción por pares (*Peer instruction*)

La *enseñanza justo a tiempo* y la *instrucción por pares* son dos métodos que vienen siendo utilizados en conjunto como una forma de invertir las clases de física (Mazur, 2015). La *enseñanza justo a tiempo* orienta al profesor en cómo realizar y sacar el mejor provecho del estudio previo. La *instrucción por pares*, desarrollado por el profesor de Harvard Eric Mazur, ofrece la posibilidad de orientar las discusiones de forma activa en la sala de clase, siendo una opción para la práctica colaborativa indicada por la *enseñanza justo a tiempo*.

En la *instrucción por pares*, el profesor presenta un test conceptual (*Puzzle*) a los estudiantes, los cuales responden individualmente, utilizando algún sistema de votación. Seguidamente, dependiendo de la cantidad de aciertos, el profesor indica a los estudiantes a intentar convencerse unos a otros de sus respuestas. Al final, el sujeto que terminó de comprender determinado concepto puede tener una forma diferente, y muchas veces, más eficiente que la del profesor, de explicar a aquel que aún está con dificultad de entender. La enseñanza (o instrucción) por pares es un aspecto central del método. Finalmente, el método prevé una segunda votación, después de la discusión entre compañeros.

En la figura 6 mostramos una línea de tiempo con la combinación de la *enseñanza justo a tiempo* y la *instrucción por pares* para una determinada clase, extraída de Araujo e Mazur (2013). Inicialmente el profesor elabora la tarea de preparación, denominada por Araujo y Mazur como Tarea de Lectura (TL), y la envía a los estudiantes. Los alumnos, fuera de la sala de clase leen el material, responden las preguntas propuestas por el profesor y las envían. Ese proceso inicial ocurre de 2 a 7 días antes de la clase. Con aproximadamente 12 horas de antelación a la clase, el profesor revisa las respuestas de los estudiantes, planifica sus exposiciones orales breves y define los test conceptuales que utilizará durante la clase. En la sala de clase, el profesor inicia con una exposición oral enfatizando las dudas de los estudiantes en relación a los tópicos tratados en la TL. Seguidamente, presenta una pregunta conceptual en la cual los estudiantes piensan individualmente en la respuesta y votan. El profesor evalúa la distribución de las respuestas y, en caso de que esta quede entre el 30 y el 70% de acierto, solicita que los estudiantes discutan la pregunta en pequeños grupos y convenzan a sus compañeros sobre sus respuestas. Realizado esto, los estudiantes votan nuevamente. En el caso de que la distribución sea menor que 30%, el profesor puede discutir la respuesta y presentar una nueva pregunta conceptual sobre el mismo tema. Si fuera mayor al 70%, el profesor puede discutir la respuesta con los estudiantes y pasar a un nuevo tópico. Mayor información sobre *instrucción por pares* puede ser encontrada en Araujo y Mazur (2013).

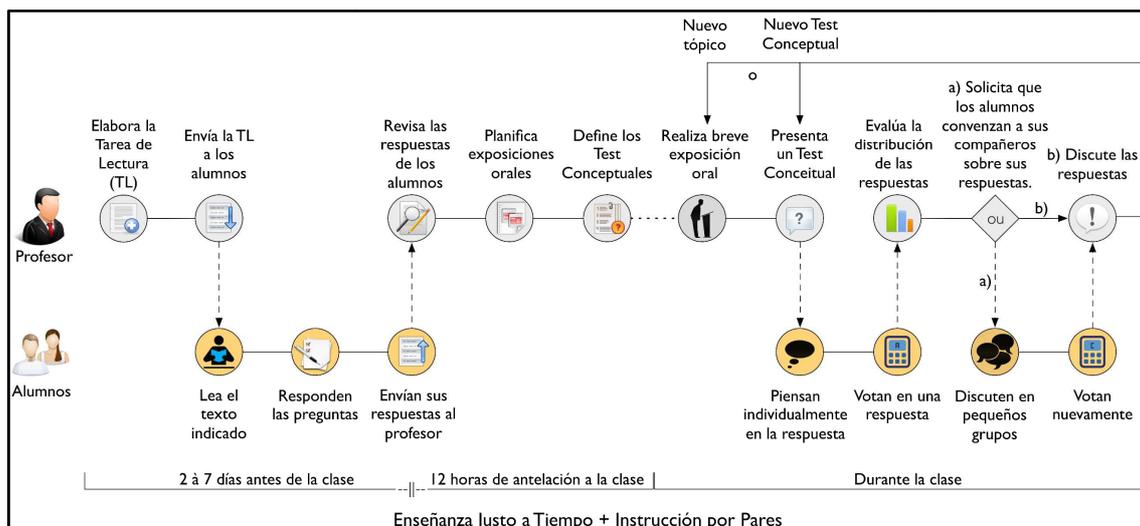


FIGURA 6. Línea de tiempo de *enseñanza justo a tiempo e instrucción por pares* para una determinada clase (Araujo y Mazur, 2013).

Sobre los sistemas de votación, mencionamos tres: tarjetas de respuestas (*flashcards*), los *Clickers* y los *Plickers*. El primero es el más simple, el propio profesor puede confeccionar sus propias tarjetas con las alternativas (A, B, C, D y E), pudiendo tener un color asociado a cada letra para facilitar la identificación. La única desventaja del uso de tarjetas es que el conteo de aciertos (distribución de respuestas) tiene que ser hecha “a ojo”. Los *Clickers* son dispositivos electrónicos individuales (controles remotos) que se comunican con el computador del profesor. Con ellos, el profesor puede tener acceso fácil a la distribución de respuestas, ya que la misma aparece en la pantalla de su computador. El único problema es que esos dispositivos son caros y gran parte de las escuelas de enseñanza media brasileras no tienen condiciones de comprarlos. Una alternativa tecnológica, y barata, que una las ventajas de las tarjetas de respuestas y de los *Clickers*, es el uso de los *Plickers*. En ese caso, el profesor descarga un aplicativo en su *smartphone* (cuyo nombre es *Plickers*), disponible gratuitamente para Android y iOS, y los estudiantes votan con tarjetas de respuestas que contienen un código similar a un código QR que el aplicativo es capaz de leer a través de la cámara del aparato, correspondiente a cada alternativa<sup>5</sup> (figura 7 (a)). En la figura 7 (b) presentamos la pantalla del aplicativo *Plickers* en el momento de la lectura del código impreso en la tarjeta. Cada tarjeta es numerada y son diferentes entre sí. De este modo es posible designar una tarjeta a cada estudiante y registrar la evolución de sus respuestas a lo largo del tiempo.

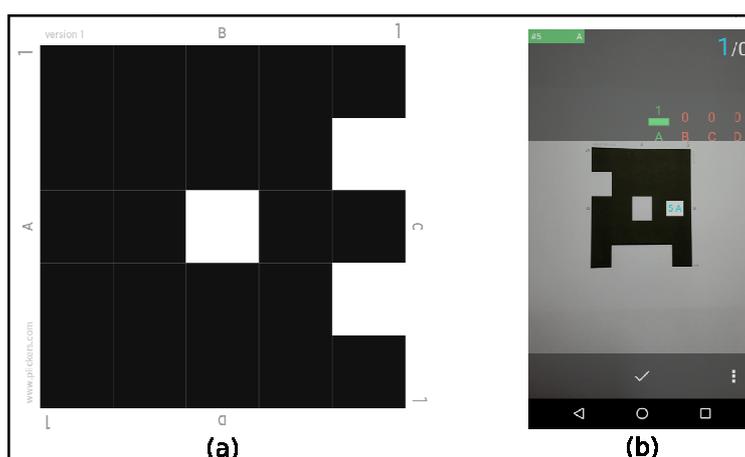


FIGURA 7. (a) Tarjeta de respuestas para lectura vía software *Plickers*. Cada lado corresponde a una alternativa (A, B, C o D). (b) Pantalla del aplicativo *Plickers* en el momento de lectura del código impreso en la hoja.

Los métodos *enseñanza justo a tiempo e instrucción por pares* se enfocan principalmente en la comprensión conceptual; otras formas de invertir la clase abren espacios para el desenvolvimiento de otras habilidades esenciales de la enseñanza, específico de la física, como resolver problemas y trabajar colabo-

rativamente. Ese es el caso del método que presentaremos en la sección siguiente, el *Team-Based Learning* (TBL), o *aprendizaje por grupos colaborativos*, en traducción libre, método desarrollado por el profesor en gestión de negocios, Larry Michaelson, cuya difusión en la enseñanza de física es aún reciente (Espinosa, Araujo y Veit, 2016).

#### D. Aprendizaje basado en Equipos (*Team-Based Learning*)

El *aprendizaje basado en equipos* es un método activo que tiene como foco mejorar el aprendizaje y desarrollar habilidades de trabajo colaborativo, a través de una estructura que involucra: el gerenciamiento de equipos de aprendizaje, tareas de preparación y aplicación de conceptos, retroalimentación constante y evaluación entre pares. La idea central es que los alumnos sean activos y se sientan responsables por el propio aprendizaje y por el de los compañeros. El *aprendizaje basado en equipos* busca desarrollar verdaderos equipos de aprendizaje, los cuales difieren de los grupos tradicionales por dos características: un alto nivel de compromiso individual para beneficio del grupo y confianza entre los miembros (Michaelson, Knight y Fink, 2004). Para desarrollar tales habilidades los grupos colaborativos (normalmente de cinco a siete integrantes) son fijas durante toda la aplicación del método y son organizados por el profesor de manera que sean lo más heterogéneos posibles en relación al conocimiento, experiencias sociales, intereses, entre otros factores, favoreciendo el surgimiento de grupos con niveles semejantes de interactividad.

En la implementación del *aprendizaje basado en equipos*, una disciplina es organizada en módulos, con dos fases principales, las cuales son representadas en la figura 8. Cada una de las fases Preparación y Aplicación, involucran tanto actividades extra clases como actividades en clase, cuya lógica es la de aula invertida, o sea, los estudiantes toman contacto con el contenido en casa y resuelven actividades en la sala de clases.

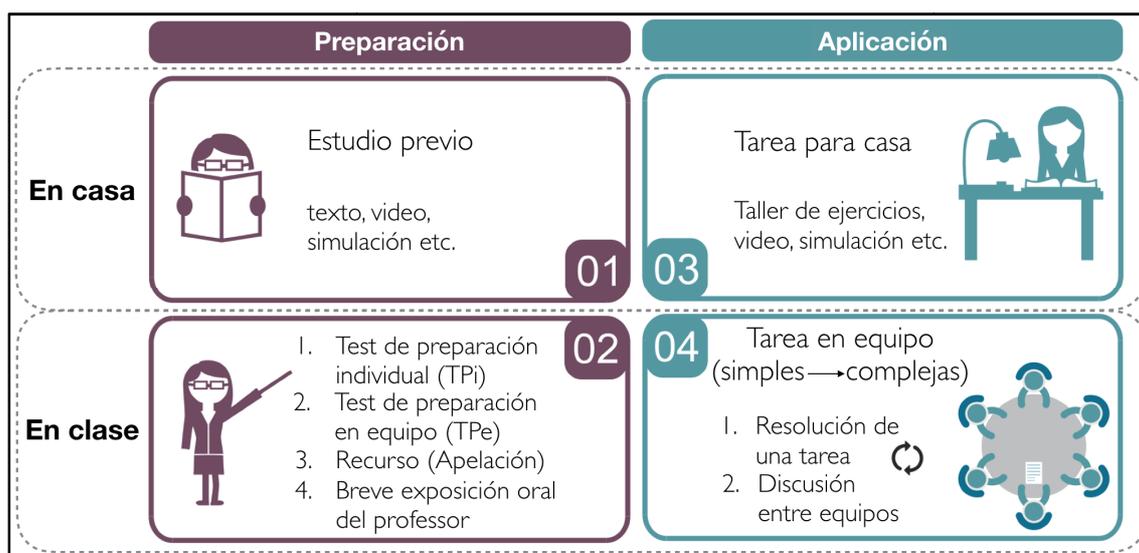


FIGURA 8. Principales fases de un módulo TBL (Espinosa, 2016).

En la fase de preparación (recuadro 1 de la figura 8), antes de la clase, los estudiantes realizan un estudio previo, por medio de textos, videos, simulaciones entre otros. Esos materiales son usualmente entregados a ellos con una anticipación mínima de dos días. En la sala de clases (recuadro 2 de la figura 8), continuando la fase de preparación, los estudiantes responden a un test de preparación individual (TPI), cuyas preguntas, preferentemente conceptuales (*WarmUps* y *Puzzles*), son relacionadas con la tarea realizada en casa. Seguidamente, el mismo test es realizado en grupo (test de preparación en equipo – TPE). En esa etapa, cada grupo recibe una tarjeta (del tipo tarjetas de premios) que contiene una zona para raspar las respuestas, definidas por consenso mediante el diálogo entre los compañeros. La respuesta seleccionada por el grupo es raspada en la tarjeta. En caso de que la respuesta elegida sea correcta, aparecerá un símbolo indicado. Si estuviera errada, los estudiantes volverían a discutir para intentar encontrar la respuesta correcta. En caso de tener alguna objeción a la formulación de la pregunta, el grupo puede interponer un recurso (o apelación), que es encaminado al profesor para evaluación. Finalizando la fase de preparación, el profesor realiza una breve exposición oral, enfatizando los puntos de mayor dificultad de los estudiantes durante la realización de las pruebas.

En la fase de aplicación, los estudiantes se involucran en actividades, usualmente de resolución de problemas, individuales, en casa (recuadro 3 de la figura 8), y en equipo en la sala de clases (recuadro 4 de la figura 8). En la sala, todos los grupos resuelven el mismo problema, de uno a la vez, al final de cada resolución, exponen sus respuestas para todos los estudiantes (en papeles o cartulinas, por ejemplo), discutiendo entre ellos y con el profesor. Al término de la discusión, el profesor entrega un nuevo problema y el proceso recomienza. Así, todos los estudiantes piensan juntos el mismo problema, evitando la división de tareas que podría acontecer en el caso de que se entregara una lista de problemas por grupo.

Más información sobre el método pueden ser encontradas en las referencias Espinosa (2016) y Espinosa, Araujo y Veit (2016).

## **V. PRINCIPALES DESAFÍOS PARA INVERTIR LAS CLASES DE FÍSICA**

Entre los principales desafíos que el docente puede enfrentar al invertir sus clases podemos citar: gran extensión de contenidos curriculares a ser trabajados; el número de clases semanales disponibles para la disciplina; falta de hábitos de estudio previo a las clases por parte de los estudiantes; una estructura burocrática rígida en la institución de enseñanza que se opone a las innovaciones; la heterogeneidad del grupo, principalmente en términos de conocimientos; y también el número elevado de estudiantes en los grupos.

A continuación, comentamos tales desafíos y señalamos posibles formas de enfrentarlos. Obviamente, no se trata de una presentación de soluciones universales y mucho menos definitivas, pero sí puntos de partida para auxiliar al profesor en su reflexión sobre la implementación de los métodos de enseñanza discutidos a lo largo de este artículo.

### **A. El contenido programático de física es extenso y el tiempo es limitado para invertir el aula**

El contenido programático de física es, de hecho, bastante extenso, y el tiempo disponible en sala de clase, sea invertida o no, es exiguo. La tendencia es que el profesor piense que no tendrá tiempo disponible para enseñar todo lo que está programado y además hacer que los estudiantes sean activos en la sala de clases. El aspecto esencial a ser considerado aquí es una reflexión sobre qué enseñar. Muchas veces, el pensamiento subyacente al respecto está alineado con un punto de vista de transmisión del conocimiento en el cual los contenidos copiados en la pizarra, o exhibidos en las diapositivas en la clase, pueden ser considerados como dados por el profesor. Al pedir que los alumnos tomen el primer contacto con el contenido fuera de la sala de clase, a través de alguna lectura o asistiendo a un video, el contenido ya comienza a ser abordado. El tiempo que el profesor gastaría en la sala de clases presentado informaciones que pueden ser leídas o asistidas por los estudiantes fuera de la sala de clase, pasa a ser invertido en la oferta de actividades de enseñanza orientadas en el aprendizaje activo por parte de los estudiantes. En la medida en que los estudiantes van adquiriendo hábitos de estudio, consiguen mejorar la capacidad de comprensión de los contenidos y, consecuentemente, más tiempo tendrá el profesor en la sala.

### **B. Los estudiantes no estudian fuera de la sala de clase**

Muchos educadores argumentan, cuando se enfrentan al aula invertida, que sus alumnos no leerían el material indicado ni asistirían los videos en casa. Realmente, en diversos contextos de enseñanza incentivarlos a estudiar en casa no es una tarea fácil. A pesar de todo, diversos trabajos demuestran experiencias exitosas en este sentido (ej. Novak y otros, 1999; Self y otros, 2005; Araujo y Mazur, 2013; Mazur, 2015; Oliveira, Veit y Araujo, 2015; Espinosa, 2016). Una alternativa usada por los autores para amenizar esta dificultad es hacer que la preparación previa a las clases tenga un papel importante en la asignación de los conceptos de evaluación en la disciplina. La idea es utilizar el nivel de esfuerzo explicitado por los alumnos al intentar responder a las cuestiones relacionadas con las tareas de preparación previa a través del razonamiento demostrado, y no por la corrección de las respuestas. Así, los estudiantes no quedan inhibidos en errar y se sienten incentivados a intentar responder a partir de lo que realmente están entendiendo (Araujo y Mazur, 2013). Además de la presentación de un par de cuestiones sobre el contenido abordado, el profesor puede también presentar una pregunta sobre las dificultades que tuvieron al leer el material o asistir el video y, en caso de no haber tenido dificultades, que digan lo que más interés les despertó. Las tareas de preparación previa deben ser cortas. Recomendamos que el tiempo total de preparación para el contacto inicial con el contenido (a través de la lectura, por ejemplo) y la respuesta a las preguntas sobre el material dado, no supere los 45 minutos. Es fundamental para el establecimiento del hábito de estudio por parte de los estudiantes que las tareas sean bien definidas y no tomen mucho tiempo para ser realizadas.

### **C. La estructura de la escuela es rígida y limita cualquier tentativa de innovación**

Algunas escuelas son resistentes a los cambios, siendo contrarias a cualquier iniciativa educacional menos conservadora. En ciertos casos, inclusive, las escuelas adoptan materiales que parecen manifestar la intención de ser “a prueba del profesor”, o sea, que el nivel de calidad de la enseñanza sería garantizado por la adopción de libros y cuadernillos, reduciendo el papel del profesor a la ejecución de actividades ya planeadas. En esos casos, el profesor puede intentar invertir el aula de a poco. No es necesario que haya un cambio brusco, puede comenzar apenas por un tópico a partir de los materiales adoptados por la institución. Por ejemplo, las tareas de preparación previa pueden ser hechas a partir de la lectura de secciones del libro o cuadernillo usado por los estudiantes, así como problemas y test conceptuales pueden venir de esos materiales. En la medida en que resultados positivos van apareciendo, es razonable esperar que los propios estudiantes y sus padres apoyen las acciones tomadas por el profesor, lo que puede facilitar la aceptación de las propuestas innovadoras por parte de la institución de enseñanza.

### **D. Los grupos son heterogéneos y el número de estudiantes por clase es elevado**

Al invertir la sala de clase es necesario que se dé más atención a los estudiantes. Eso hace que algunos profesores piensen que cualquier método activo se tornaría inviable en grupos numerosos y heterogéneos. Sin embargo, la inversión de la sala de clase promueve la interacción entre los alumnos y presenta mejores resultados justamente cuando hay una diferencia inicial en términos de comprensión por parte de ellos. Estudiantes que presentan cierta dificultad en la comprensión frente a algún contenido pasan a contar no sólo con el profesor, sino también con compañeros que los ayudarán en la comprensión. Por otro lado, los estudiantes que comprenden más rápidamente y ayudan a sus compañeros, tienen la oportunidad de consolidar aquello que aprendieron, así como expandir su comprensión en la medida en que necesitan externalizar argumentos y convencer a sus compañeros sobre sus respuestas. Cabe resaltar que los estudiantes, a lo largo del trabajo, acostumbran alternar los papeles. De este modo, permitimos que el estudiante sea responsable por su propio aprendizaje y también por el de sus compañeros. Con eso, el profesor no se sobrecarga siendo la única “fuente de explicaciones” en la sala de clases. Obviamente, es responsabilidad del docente incentivar y organizar la colaboración entre los estudiantes. En el sentido de buscar trabajo colaborativo, podemos además argumentar que los grupos numerosos tornan las salas de clase más interesantes porque diversifican y enriquecen las discusiones.

## **VI. COMENTARIOS FINALES**

En este artículo, presentamos la metodología de enseñanza conocida como *aula invertida* y algunos métodos que pueden ser asociados a ella. Nuestro objetivo fue mostrar caminos para los profesores interesados en mejorar sus prácticas para que conozcan algunas posibilidades y se motiven a invertir su aula.

Nuestra opinión es que un educador que desee modificar su práctica no debe fijarse un único método de enseñanza, sea cual fuere. Defendemos la diversidad metodológica y la autonomía del profesor como ingredientes esenciales en la planificación e implementación de cualquier actividad de enseñanza. Aún clases esencialmente expositivas pueden ser relevantes dentro de la organización de una unidad de enseñanza y sería equivocado pensar que debieran ser abolidas sólo por ser “tradicionales”.

Por medio de reflexiones sobre el proceso de enseñanza aprendizaje y nuevas formas de concretarlo en su contexto educacional único, incentivamos que el profesor asuma una postura crítica. Los métodos activos de enseñanza pueden ser vistos como recetas a ser seguidas o como meras técnicas que el profesor dispone. Si fueran encarados de manera rígida, el docente puede tener dificultades para lidiar con las dificultades de naturaleza social, cultural y económica, que ciertamente aparecerán en su trayectoria didáctica. Como ya resaltamos, la autonomía y el discernimiento del profesor son imprescindibles.

A pesar de que el foco por el que tratamos el método de *aula invertida* sea principalmente la mejoría en la comprensión conceptual y en la resolución de problemas, evidentemente eso no disminuye la importancia de discusiones sobre aspectos epistemológicos, históricos y sociales. Por ejemplo, la discusión sobre la naturaleza del conocimiento científico y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) pueden efectivamente llegar a la sala de clases por medio de los métodos de enseñanza aquí presentados o de sus adaptaciones, manteniendo los puntos centrales que motivan la inversión del aula.

Esperamos que las discusiones aquí presentadas posibiliten el enriquecimiento de la práctica del profesor de física. Sin embargo, como bien destacamos a lo largo del texto, para usufructuar las ventajas de la metodología de *aula invertida* existen desafíos a ser superados, y cabe al profesor ser el agente de mudanza.

## REFERENCIAS

- Araujo, I. S. y Mazur, E. (2013). Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 362–384.
- Ausubel, D. P. y Novak, J. D. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Barrows, H. S. y Tamblyn, M. R. (1980). *Problem-based learning: an approach to medical education*. New York: Springer.
- Bergmann, J. y Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Washington: International Society for Technology in Education.
- Bonwell, C. C. y Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report, Washington DC: School of Education and Human Development, George Washington University.
- Crouch, C. H. y Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970.
- Dowd, J. E., Araujo, I. y Mazur, E. (2015). Making sense of confusion: Relating performance, confidence, and self-efficacy to expressions of confusion in an introductory physics class. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(1), 1–10.
- Espinosa, T. (2016). Aprendizagem de física, trabalho colaborativo e crenças de auto eficácia: um estudo de caso com o método Team-Based Learning em uma disciplina introdutória de eletromagnetismo. *Dissertação de Maestría en Enseñanza de la física*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Espinosa, T., Araujo, I. S. y Veit, E. A. (2016). Aprendizagem baseada em equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 962–986.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics' test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Heidemann, L. A., Oliveira, A. M. M. y Veit, E. A. (2010). Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com o Google Docs. *Física Na Escola*, 11(2), 30–33.
- Hernández, F. (1998). *Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho*. Porto Alegre: Artmed.
- Lasry, N., Mazur, E. y Watkins, J. (2008). Peer instruction: From Harvard to the two-year college. *American Journal of Physics*, 76(11), 1066–1069.
- Marrs, K. A. y Novak, G. (2004). Just-in-Time Teaching in Biology: Creating an Active Learner Classroom Using the Internet. *Cell Biology Education*, 3(1), 49–61.
- Mazur, E. (2015). *Peer Instruction: A revolução da aprendizagem ativa*. Porto Alegre: Penso.
- Michaelsen, L. K., Knight, A. B. y Fink, L. D. (2004). *Team-Based Learning: A transformative use of small groups in college teaching*. Sterling: Stylus.
- Novak, G. M., Patterson, E. T., Gavrin, A. y Christian, W. (1999). *Just-In-Time Teaching: Blending active learning and web technology*. Saddle River: Prentice Hall.
- Oliveira, V., Veit, E. A. y Araujo, I. S. (2013). *Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o ensino médio: Tarefas de Leitura*. Disponível em: < [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n27\\_Oliveira/tarefas\\_de\\_leitura.pdf](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n27_Oliveira/tarefas_de_leitura.pdf) >.

Oliveira, V., Veit, E. A. y Araujo, I. S. (2015). Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de física*, 32(1), 180–206.

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 07–10.

Roehl, A., Reddy, S. L. y Shannon, G. J. (2013). The flipped classroom: An opportunity to engage millennial students through active learning strategies. *Journal of Family & Consumer Sciences*, 105(2), 44–49.

Schell, J. (2013). *7 mitos sobre a Sala de aula invertida, desmitificados*. Texto traducido por Maykon Müller. Disponible en: < <https://blog.peerinstruction.net/7-mitos-sobre-a-sala-de-aula-invertida-desmitificados/> >. Acceso en: 20/06/2018.

Self, B. P. y otros (2005). Just-in-Time Teaching: Potential Uses in Mechanics Courses. *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.

Silveira, F. L. da, Moreira, M. A. y Axt, R. (1989). Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples. *Ciência e Cultura*, 41(11), 1129–1133.

Silveira, F. L. da, Moreira, M. A. y Axt, R. (1992). Estrutura interna de testes de conhecimento em física: um exemplo em mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 187–194.

Urban, B. (2016). *10 Reasons Why You Should Get into a Flipped Class*. Disponible en: < <https://blog.peerinstruction.net/2016/03/28/10-reasons-why-you-should-get-into-a-flipped-class/> >. Acceso en: 20/06/2018.

Vygotsky, L. S. (1988). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins fontes.

Watkins, B. J. y Mazur, E. (2013). Retaining Students in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Majors. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 36–41.