

# Implementación de *instrucción entre pares* en cursos de Física General: sistematización de una experiencia en el Instituto Tecnológico de Costa Rica

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Implementation of Peer Instruction in General Physics courses: systematization of an experience in the Technological Institute of Costa Rica

Natalia Murillo-Quirós<sup>1</sup> y Mónica Hernández-Campos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Física, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. Costa Rica.

<sup>2</sup>Centro de Desarrollo Académico, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. Costa Rica.

E-mail: nmurillo@itcr.ac.cr

(Recibido el 28 de abril de 2018 aceptado el 12 de octubre de 2018)

## Resumen

Uno de los mayores retos que enfrentan los docentes de ciencias es el de que los alumnos comprendan la materia que explican en clase, es común escuchar en conversaciones entre profesores sobre cómo sus estudiantes fallan en preguntas muy similares, o inclusive iguales, a la que se había discutido en clase. Debido a esta extendida inquietud se ha cuestionado la eficacia de los métodos tradicionales de enseñanza, por ende, de la clase magistral, y en su lugar se han propuesto diferentes metodologías activas de aprendizaje en las que se transforma el papel tradicional tanto del profesor como del alumno. En este contexto la técnica de *instrucción entre pares* se ha mostrado práctica y fácilmente adaptable a la realidad de distintos cursos, por lo que fue adoptada por algunos profesores de física en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). En este trabajo se presentará la forma en que se usó la técnica de *instrucción entre pares* para Física I, curso universitario introductorio para estudiantes de ingeniería y arquitectura, y se mostrarán algunos resultados, cuantitativos y cualitativos, obtenidos durante su aplicación.

**Palabras clave:** Aprendizaje activo; Resultados instrucción entre pares; Enseñanza de la física.

## Abstract

One of the biggest challenges that science teachers face is that students understand the subject they explain in class. It is common to hear in conversations among teachers about how their students fail in a test on very similar question, or even the same, to the one that have been discussing in class. Due to this widespread concern people have questioned the effectiveness of traditional teaching methods (lectures), and instead have proposed different active learning methodologies in which the traditional role of both teacher and student is transformed. In this context, the Peer Instruction (PI) technique has been shown to be practical and easily adaptable to the reality of different courses, for which it was adopted by some General Physics teachers at the Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). This paper will present the way in which the Peer Instruction technique was used for "Physics I", a university introductory course for engineering and architecture students, and we will show some quantitative and qualitative results obtained during its application.

**Keywords:** Active learning; Peer instruction results; Physics teaching.

## I. INTRODUCCIÓN

El reto de enseñar ciencias es reconocido entre los profesores, dentro de ellas la que tiene mayor estigma es la física por su fama de dura, abstracta, contra-intuitiva e incomprensible, parte de esta percepción puede estar basada en la estrecha relación que hay entre la física y la matemática (Lederman y Abell, 2014). Debido a esto buena parte de los estudios sobre enseñanza de las ciencias se dedican específicamente a la física, una de las posibles razones es que, según indican los estudios, la mayor parte de las ideas y pre-concepciones (o las nociones aprendidas del cotidiano) que los estudiantes llevan a clase se contrastan de

forma rígida con los conceptos y principios que deben ser alcanzados para la comprensión de la física (Lederman y Abell, 2014), de forma común la pre-instrucción de los estudiantes es incompatible con la visión de la física (Wandersee, Mintzes y Novak, 1994).

Cualquier profesor que enseña física puede dar fe del miedo generalizado que produce, lo que comúnmente se traduce en mala actitud ante la materia y desmotivación para iniciar un esfuerzo real de estudio. Ante este panorama una opción común es descargar completamente en los estudiantes la responsabilidad del fracaso y asociarla a la falta de interés, la indisciplina o malas bases de los cursos previos sin embargo existen estudios que asocian los métodos de enseñanza utilizados por un instructor a las razones a las que atribuyen lo que limita el aprendizaje de sus estudiantes, en general los profesores que usan métodos que se han probado como menos efectivos tienen mayor tendencia a pensar que las altas barreras de aprendizaje de sus estudiantes se deben a deficiencias propias de los mismos (Wieman y Welsh, 2016), a este fenómeno se le conoce como el “*error fundamental de atribución*” (Ross, 1977).

Vale la pena plantearse entonces la efectividad del método de enseñanza que actualmente usamos, en el caso de los cursos de física general impartidos en el TEC es primordialmente la clase magistral. En general este método es el más adoptado por los profesores de física debido, probablemente, a que es con el que aprendimos, sin embargo, las posibilidades tecnológicas actuales y los resultados de aprendizaje que no son del todo satisfactorios nos invitan a probar opciones diferentes.

El fin de esto no es proponer la erradicación de la clase magistral, pues en muchos casos funciona, la idea es cuestionar su uso como el método utilizado por defecto (como ocurre en la mayoría de los casos) y mostrar ejemplos que además de permitir cambiar la clase tradicional por técnicas que se muestran más efectivas y hasta más satisfactorios para el docente y los estudiantes, esta iniciativa no exclusiva de la Escuela de Física del TEC y ya ha sido expuesta por autores como Luján-Mora (Luján-Mora, 2013) o por Frazier y Miller (Fraser y otros, 2014), quienes además proponen hacerlo de forma científica a través de la medición de diferentes indicadores que reflejan las diferencias en la comprensión de los alumnos.

Los avances en neurociencias y ciencias cognitivas han permitido entender cada vez mejor cómo se aprende y, en general apuntan a métodos de aprendizaje activo en los que los alumnos aprovechan la clase para enfrentarse a retos que les permiten aplicar los conceptos y no solo conocerlos, como lo harían en la clase magistral. Diferentes experiencias han mostrado que al enseñar de esta manera se logran mejores resultados en comparación a quienes aprenden de manera tradicional (Wieman, 2014) aún en el caso de que el curso sea dirigido a un gran auditorio (Deslauriers, Schelew y Wieman, 2011).

La *instrucción entre pares* (PI, por sus siglas en inglés) es un método de aprendizaje activo. Las metodologías activas de enseñanza son descritas como una serie de estrategias centradas en el aprendizaje en las que el estudiantado debe procesar el contenido a través de una serie de actividades participativas. De esta forma, a través de actividades experienciales, el estudiantado construya su propio conocimiento. Estas estrategias pretenden reforzar en el estudiantado el autocontrol, la autonomía, la regulación de su propio aprendizaje, la construcción colectiva del conocimiento, entre otras (Carr, Palmer y Hagel, 2015). En particular, la PI fue diseñada por el físico Erik Mazur y desde que fue puesta en práctica al inicio de la década de los noventa se ha mostrado como una técnica muy efectiva para involucrar a los alumnos en la clase y fácilmente adaptable a diferentes contextos (Crouch, Watkins, Fagen y Mazur, 2007). En PI los alumnos leen la materia a enseñar previo a clases para en ellas enfrentarse a preguntas conceptuales que contestarán tras una reflexión individual y una discusión grupal de forma que se ven obligado a explicarse entre ellos, sus propios pares (Hilborn, 1997). La utilización PI ha permitido demostrar de forma estadística una dramática mejora en el desempeño de los estudiantes al enfrentarlos tanto a pruebas de concepto como en la resolución de problemas numéricos (Crouch, Watkins, Fagen y Mazur, 2007).

Las estadísticas de Física I (mecánica newtoniana), curso que forma parte del programa de estudios de las carreras de ingeniería y arquitectura, nunca logran superar el 60 % de aprobación, estos porcentajes se repiten para los profesores de la cátedra. La sensación de que el esfuerzo docente no se veía reflejado en una buena comprensión de los estudiantes hizo que algunos docentes buscáramos apoyo del Centro de Desarrollo Académico (CEDA) del TEC, que nos asesoró con diferentes opciones, por los motivos anteriormente indicados nos inclinamos por el uso de PI para enseñar nuestros cursos de física. Con el fin de dar a conocer la experiencia este artículo fue escrito en conjunto por una de las docentes que aplicó cambios en el curso y una de las asesoras académicas del CEDA.

A partir de la implementación de la metodología *Instrucción entre pares*, se pretendió identificar si existían diferencias en el desempeño académico del estudiantado, así como reconocer si existía un mejor aprendizaje de los conceptos trabajados en el curso en comparación a los estudiantes de quienes mantuvieron la clase magistral como estrategia predominante para el desarrollo de sus lecciones. Finalmente se aplicó un instrumento en varios momentos del curso para identificar la opinión de los discentes ante esta transformación en la forma de enseñar física.

#### **A. Descripción de la implementación de la metodología innovadora *instrucción entre pares***

A partir del segundo semestre de 2015, un grupo de profesores comenzó a impartir clase con la técnica de *instrucción entre pares* (PI), desde entonces se ha aplicado en cursos de Física I y III, principalmente.

Para ponerla en práctica los alumnos deben contar con suficiente antelación (como mínimo una semana) con al menos una fuente para estudiar la materia y con un cronograma de los temas que van a ser vistos cada clase de forma que puedan cubrirla (por medio de lecturas o videos), existen diferentes formas de controlar y evaluar la realización de estas lecturas previas, sin embargo, no serán cubiertas en este trabajo. Al llegar al aula los alumnos ya conocen la materia y una de sus tareas es identificar qué partes les han parecido confusas o incomprensibles.

El profesor por su parte debe sintetizar los principales conceptos que serán enseñados en esa sesión, y presentarlo en unos pocos minutos, en este momento los alumnos aprovechan para preguntar lo que aún les parece confuso; la forma en que se debe proceder se puede ver en la figura 1. La idea de reducir la explicación inicial del profesor para cada concepto es que las diferentes aristas del mismo sean abordadas a través de preguntas conceptuales de selección única (ver figura 2). En primera instancia se indica a los estudiantes que, de forma individual elijan la opción correcta para lo cual se les da 2 o 3 minutos para que reporten por medio de una votación su respuesta, después discuten la respuesta de su elección entre sus pares, los estudiantes que se encuentran a su alrededor, de esta forma los alumnos se enfrentan a explicar el concepto a sus compañeros y pueden detectar cuando sus argumentos son insuficientes y por lo tanto no ha comprendido a profundidad, se les solicita volver a reportar su respuesta después de unos minutos de discusión, comúnmente la segunda votación supera a la primera en porcentaje de respuestas correctas. Al realizar la votación posterior a la discusión es muy importante que el profesor cierre con una explicación de la pregunta con el fin de que todos los estudiantes se aseguren de si sus razonamientos eran correctos o incorrectos y por qué.

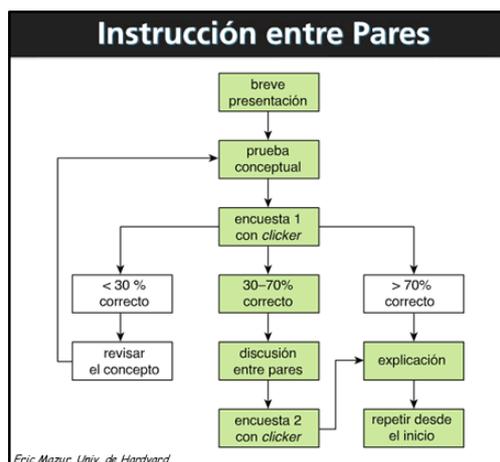


FIGURA 1. Aplicación de la técnica de PI. Fuente: <http://willyfigueroa.files.wordpress.com/2011/06/mazur.gif?w=529>

2-2. Natalia se pasea de ida y vuelta en clase. Ella comienza en  $x = +10$  (medido en dm desde el borde del pupitre), se mueve a la derecha  $x = +30$ , luego hacia la izquierda a  $+20$ , y finalmente se mueve a la derecha hasta  $+50$ , como se muestra en la figura

¿Cuál es la distancia y el desplazamiento recorridos ?

A.  $+40$  y  $+40$  ( dm )

B.  $+60$  y  $+40$  ( dm )

C.  $+40$  y  $+60$  ( dm )

D.  $+60$ , y  $+60$  ( dm )

FIGURA 2. Pregunta conceptual para el tema de cinemática.

El registro y conteo de las votaciones puede resolverse por medio de tarjetas de colores para cada opción, *clickers* o aplicaciones de celular tales como “*Socrative*” o “*Plickers*”. En el caso particular de esta experiencia, se trabajó con las tarjetas impresas de la aplicación “*Plickers*”.

## II. METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló a través de la modalidad Investigación Acción. La investigación acción es un enfoque de investigación guiado a través de una búsqueda sistemática de información en temas relativos a la educación que parte de un objetivo y metodología reflexiva y tiene como propósito identificar las transformaciones que se producen en un ambiente educativo (Gay y Mills, 2016). La finalidad de este enfoque de investigación es dotar al docente como investigador de un método para resolver problemas educativos (Gay y Mills, 2012).

La implementación de la *instrucción entre pares* se realizó en el curso de Física General para estudiantes de arquitectura durante el segundo semestre del 2016. Este grupo contó con la participación de 40 estudiantes. Dicha implementación se desarrolló utilizando el mismo cronograma de trabajo y exámenes empleados por otros docentes de la cátedra quienes continuaron empleando como estrategia de enseñanza predominante la clase magistral.

Utilizar los exámenes de la cátedra de física general permitió tener un punto de comparación objetivo y estandarizado con respecto a los demás grupos.

La recolección de datos se realizó a través de técnicas tanto cualitativas como cuantitativas. A continuación, se detallan las preguntas de investigación que guiaron este trabajo, así como el método desarrollado para responder a éstas en cada uno de los casos.

### A. Pregunta de investigación 1

¿Cuál fue la opinión del estudiantado con respecto a la *instrucción entre pares* para el desarrollo del curso de Física I?

Objetivo 1: identificar la opinión del estudiantado con respecto a la *instrucción entre pares* para el desarrollo del curso de Física I.

Técnica: Preguntas de respuesta abierta. Todas las preguntas fueron contestadas de forma totalmente anónima.

Es importante remarcar que para todos los estudiantes de este grupo era la primera vez llevando un curso con modalidad de *instrucción entre pares* e inclusive haciendo bajo otra forma que no fuera totalmente magistral.

Preguntas realizadas:

¿*Qué siente respecto a Física?* Esta pregunta se aplicó en la primera clase para conocer las ideas preconcebidas de los estudiantes respecto a la materia.

¿*Qué siente respecto al método que se usa en esta clase?* (En referencia a la *instrucción entre pares* y lo que conlleva). Esta pregunta se hizo en tres momentos distintos del semestre para saber cómo evolucionó la opinión de los estudiantes respecto al método.

*Para maximizar su aprendizaje ¿Qué modalidad prefiere?* Esta pregunta se planteó únicamente al final del curso con el fin de conocer la sensación de los estudiantes respecto a su aprendizaje en el mismo.

Análisis de resultados: Una vez se presentaba la pregunta generadora, los estudiantes en tiempo real debían responder desde sus dispositivos móviles. Inmediatamente después podían visualizar un gráfico sobre las respuestas proyectado en la pizarra. Esta aplicación toma en consideración todas las respuestas a una pregunta y genera un gráfico de palabras, en donde las palabras más grandes representan una frecuencia mayor de aparición en la votación. Esta herramienta permite no solo tener acceso a la opinión del estudiantado, sino también socializar sus respuestas a través de una interfaz agradable y creativa, y a la vez, hacerlos partícipes del proceso de aprendizaje.

### B. Pregunta de investigación 2

¿Cómo es el desempeño académico (nota final del curso) del grupo que recibió Física I con PI con respecto a los otros grupos en el segundo semestre de 2016?

Objetivo 2: Identificar el desempeño académico de los estudiantes que recibieron el curso con la metodología de PI con respecto a los demás grupos que lo hicieron con clase magistral durante el segundo semestre de 2016.

Análisis de resultados: Se llevó a cabo un análisis comparativo entre los promedios de la nota final del curso entre los estudiantes cuyo profesor impartió clase con PI en comparación a los estudiantes de otros

docentes de la cátedra que utilizan aún la clase magistral como metodología predominante. Esto permitió identificar si existía una diferencia en el desempeño académico. Adicionalmente se incluyó la deserción como una variable de análisis.

**C. Pregunta de investigación 3**

¿Los estudiantes tienen una comprensión “real” de los conceptos de física?

Objetivo: Identificar la comprensión de los estudiantes con respecto a los conceptos básicos de física a partir de un curso facilitado con Instrucción entre pares.

Existen instrumentos ampliamente utilizados para medir la comprensión de conceptos de Física, uno es el Inventario del Concepto de Fuerza (FCI, por sus siglas en inglés) (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992) que permiten identificar el avance en la comprensión de los fenómenos que estudia la mecánica, y determinar qué tan aristotélico o newtoniano es el razonamiento de una persona, esto se enseña precisamente en Física I.

Este estudio se realizó en la última semana del segundo semestre de 2016. El FCI se aplicó a voluntarios de tres grupos de prueba: 41 estudiantes que en ese momento cursaban Física I, 40 estudiantes de Física III y 21 de Estática, estos dos últimos cursos tienen como requisito Física I y en los planes de estudios de las diferentes carreras están colocados un semestre después del mismo. En los tres grupos había unos estudiantes que llevaron su curso de forma magistral y otros que lo hicieron con *instrucción entre pares*.

Aunque los grupos de Física III y Estática no forman parte de los otros análisis que se desarrollan en esta experiencia, se añaden en este análisis particular con la idea de estudiar la comprensión de los conceptos de Física I después de aprobado el curso. Idealmente se esperaría que estudiantes que logran pasar el curso tuvieran un buen dominio de los conceptos básicos de la física newtoniana.

**TABLA I.** Triangulación de fuentes de información.

<i>Pregunta de investigación</i>	<i>Método</i>
¿Cuál fue la opinión del estudiantado con respecto a la <i>instrucción entre pares</i> para el desarrollo del curso de Física I?	Encuesta de preguntas abiertas “en vivo” a través de la aplicación “ <i>Mentimeter</i> ”.
¿Cómo es el desempeño académico (nota final del curso) del grupo que recibió Física I con PI con respecto a los otros grupos en el segundo semestre de 2016?	Comparación de promedios entre los cursos expuestos a PI con respecto a los grupos que recibieron clases magistrales.
¿Los estudiantes tienen una comprensión “real” de los conceptos de física?	Administración del instrumento “Inventario de fuerza”.

**III. RESULTADOS**

**A. Pregunta de investigación 1 ¿Cuál fue la opinión del estudiantado con respecto a la *instrucción entre pares* para el desarrollo del curso de Física I?**

Como se mencionó en la metodología, los resultados se muestran por medio de nubes de palabras y el tamaño de la palabra está asociado a las veces que se repite. Durante la aplicación de estas encuestas, el estudiantado se mostró muy interesado por el uso de tecnología en el aula. A pesar de que no explicitaron que les produjera satisfacción que su opinión fuese tomada en cuenta, manifestaron de distintas formas su entusiasmo con respecto a las opiniones generadas y a que su palabra apareciera en la pantalla.



**FIGURA 3.** Opinión sobre la Física de los estudiantes de un grupo de Física I.



Una observación común entre los estudiantes es la de que perciben que en clase no se desarrolla suficiente práctica, es importante remarcar que en el curso impartido con PI no se hizo menos práctica que cuando se daba la clase magistral, por lo tanto en esa modalidad también suele presentarse la queja, para responder a ella, de forma independiente a la implementación PI se han abierto espacios de resolución de problemas que son impartidos por estudiantes tutores, hay variedad de horarios y los alumnos de los cursos de física general pueden asistir de forma voluntaria.

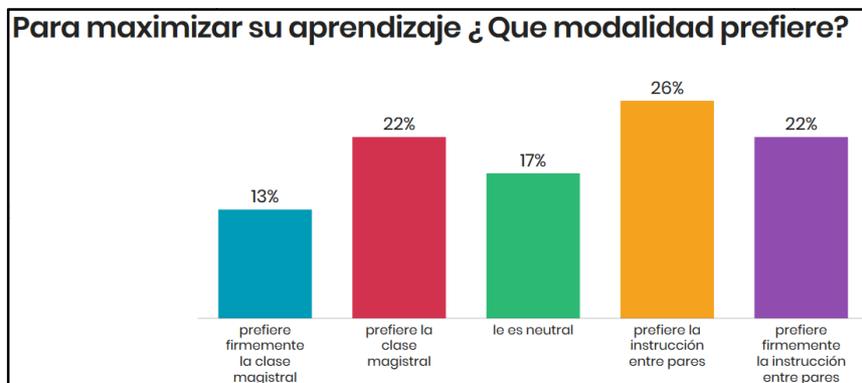


FIGURA 5. Elección del método de preferencia para un grupo de Física I.

La figura 5 nos muestra la preferencia de los estudiantes respecto al método que puede maximizar su aprendizaje, un 46 % de los estudiantes del grupo se decantan por la PI, este resultado es significativo pues a pesar de que el método representa un gran cambio respecto a la forma de enseñanza tradicional reaccionaron con apertura a la novedad. Un 35 % de los estudiantes desean mantenerse dentro del aprendizaje tradicional y 17 % de ellos no declaran ninguna preferencia entre la clase magistral y PI.

**B. Pregunta de investigación 2 ¿Cómo es el desempeño académico (nota final del curso) del grupo que recibió Física I con PI con respecto a los otros grupos en el segundo semestre de 2016?**

En la figura 6 se presenta el desempeño del mismo grupo al que corresponden las opiniones de las figuras 3, 4 y 5. Este desempeño se compara con los otros grupos de la coordinación de Física I que recibieron el curso en modalidad magistral, ambas muestras realizaron los mismos exámenes y estos tenían el mismo peso en la nota del curso. Puede verse que el grupo que recibió el curso con PI muestra un mejor resultado en el promedio de la nota final del curso.

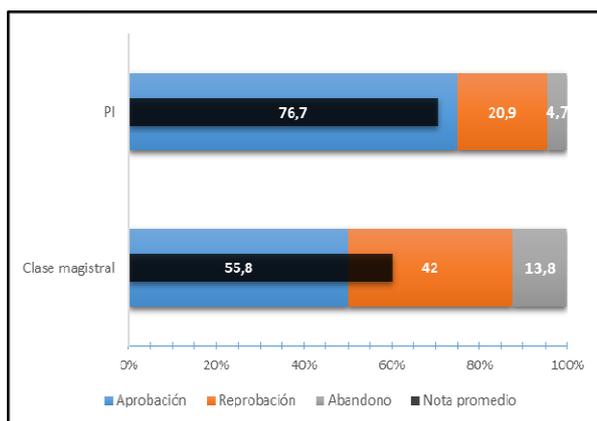


FIGURA 6. Desempeño de un grupo impartido con PI en comparación al de los demás grupos de la cátedra de Física I impartidos en modalidad magistral.

En la figura 7 se presenta el desempeño del grupo de Física I que se imparte en el Centro Académico del TEC Barrio Amón. Este grupo que está formado normalmente por 40 estudiantes es matriculado principalmente por alumnos de la carrera de arquitectura de forma que, comprendiendo la diferencia de estudiantes que lo conforman cada semestre, para fines de este análisis el historial del curso puede considerarse comparable. Puede notarse que el desempeño de los cursos impartidos con PI es solo superado por el impartido en el primer semestre de 2014 que tiene una modalidad especial conocida como

taller el cual se ofrece a estudiantes repitentes y tiene un cupo máximo de 20 personas, en tanto los demás grupos tiene el doble de estudiantes.

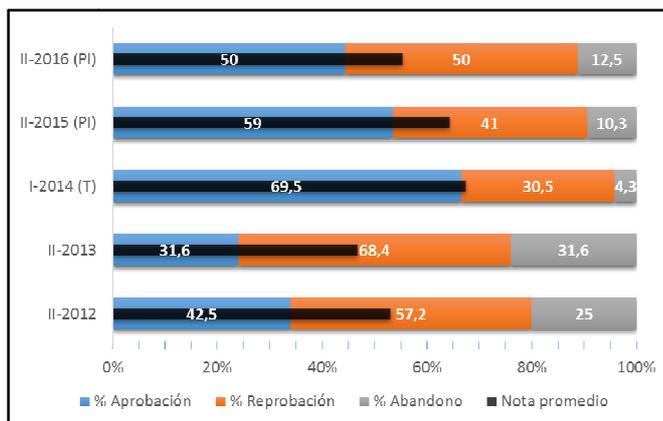


FIGURA 7. Desempeño de un histórico de grupos de Física I.

De las figuras 6 y 7 es importante remarcar que el desempeño de los estudiantes que reciben el curso con PI mejora no solamente porque aumenta el porcentaje de aprobación o la nota promedio alcanzada en el curso; uno de los resultados que se detecta de forma consistente es la disminución significativa de la deserción estudiantil (abandono) a lo largo del curso, lo que ha sido reportado en otros estudios (Crouch y Mazur), situación que resulta gananciosa en sí misma pues los estudiantes aun cuando no ganen el curso lo reciben y participan del mismo hasta el final.

**C. Pregunta de investigación 3 ¿Los estudiantes tienen una comprensión “real” de los conceptos de física?**

En un primer momento esperábamos que todos los grupos tuvieran un buen desempeño en el FCI pues todos han cursado Física I, donde se enseñan los principios básicos de la física newtoniana sin embargo la figura 8 muestra que los estudiantes que presentan un mejor resultado en el Inventario de Fuerza, tienen una nota alrededor de 50 (de 100 puntos) y son los que al momento de la prueba cursaban Física I, el resultado de la prueba cae para quienes ya pasaron el curso (los alumnos de Física III y Estática), es decir, fue posible para ellos aprobar el curso sin que sus enseñanzas calaran a corto plazo incluso (un semestre después de haberlo cursado).

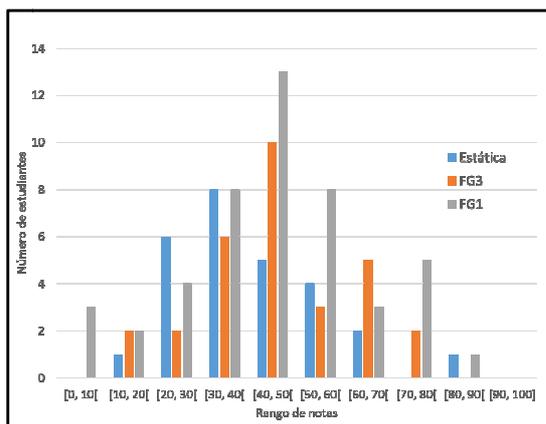


FIGURA 8. Distribución de notas del el FCI para tres grupos de prueba.

En la Tabla II se analiza la misma muestra de la figura 8 (los 102 estudiantes) pero se clasifican ya no por el curso que llevaban si no en estudiantes que cursaron Física I en modalidad PI, 20 de ellos, o magistral, los restantes 82 en ese se puede ver que la nota promedio del FCI para quienes hicieron el curso con PI es mejor. Estos resultados no deberían de sorprender si se toma en cuenta que las metodologías activas favorecen la discusión y comprensión por encima de la memorización.

**TABLA II.** Comparación de nota de FCI para estudiantes que cursaron Física I con PI y clase magistral.

	<i>Magistral</i>	<i>PI</i>
<i>Número de estudiantes</i>	82	20
<i>Nota Promedio</i>	41,1	51,3
<i>Desviación Estándar</i>	17,8	13,1

#### IV. CONCLUSIONES

Durante la realización de este estudio se ha podido comprobar que los estudiantes en general tienen buena disposición para trabajar con métodos de enseñanza diferentes a los tradicionales, aun cuando esto implique más esfuerzo del que están acostumbrados a realizar, de este modo el miedo al rechazo de los alumnos a los cambios no debe detener a un profesor a realizar pruebas de métodos de enseñanza novedosos. Esto no significa que no existe resistencia por parte del alumnado, pues la carga de trabajo aumenta de forma considerable. Es importante recordar que uno de los fines de las metodologías activas de enseñanza es que justamente el aprendizaje sea un proceso gestionado por el estudiantado.

Es posible detectar mejoras en el desempeño de los estudiantes que son enseñados con la técnica de *instrucción entre pares*, hasta el momento se han visto resultados positivos en el porcentaje de alumnos que aprueban el curso de Física y un aumento en el promedio de su nota final. Además, el aprovechamiento del Inventario del Concepto de Fuerza es superior en los alumnos que han cursado Física I utilizando el método de *instrucción entre pares*. Por otro lado, estos alumnos presentaron una importante disminución en el abandono del curso, se piensa que es debido a que en oposición su papel pasivo en clase magistral en *instrucción entre pares* los alumnos se transforman en una parte activa al discutir los conceptos con sus compañeros lo que crea un sentido de pertenencia hacia el curso, se espera estudiar más a fondo esta propuesta en próximos semestres.

Se recomienda mantener esta modalidad con más grupos y a futuro hacer estos estudios con más datos para diferentes semestres y profesores del curso con el fin de comprobar si los resultados alcanzados en este trabajo se repiten, o mejor aún, si con la práctica y la experiencia pueden mejorarse.

#### AGRADECIMIENTOS

Por su apoyo en el presente trabajo deseamos agradecer a la Vicerrectoría de Docencia del TEC, al Centro de Desarrollo Académico (CEDA) y a los colegas de la Escuela de Física que me brindaron datos estadísticos de sus grupos para realizar este estudio.

#### REFERENCIAS

- Carr, R., Palmer, S. y Hagel, P. (2015). Active learning: The importance of developing a comprehensive measure. *Active Learning in Higher Education*, 16(3), 173-186.
- Crouch, C. H., Watkins, J., Fagen, A. P. y Mazur, E. (2007). Peer instruction: Engaging students one-on-one, all at once. *Research-Based Reform of University Physics*, 40-95.
- Deslauriers, L., Schelew, E. y Wieman, C. (2011). Improved learning in a large-enrollment physics class. *Science*, 862-864.
- Fraser, J. M., Timan, A. L., Miller, K., Dowd, J. E., Tucker, L. y Mazur, E. (2014). Teaching and physics education research: bridging the gap. *Reports on Progress in Physics*, 032401.
- Gay, L. R., Mills, G. E. y Airasian, P. W. (2012). *Educational research: Competencies for analysis and applications, student value edition*. Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Gay, L. R. y Mills, G. E. (2016). *Educational research: Competencies for analysis and applications*. Upper Saddle Ridge, NJ: Pearson.

Hestenes, D., Wells, M. y Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 141-158.

Hilborn, R. C. (1997). Peer instruction: A user's manual, by Eric Mazur. *Physics Today*, 68-69.

Lederman, N. G. y Abell, S. K. (2014). *Handbook of Research on Science Education (Volume 2)*. Routledge: (Eds.).

Luján-Mora, S. (2013). De la clase magistral tradicional al MOOC: doce años de evolución de una asignatura sobre programación de aplicaciones web. *Revista de Docencia Universitaria*, 279-300.

Ross, L. (1977). The Intuitive Psychologist and His Shortcomings: Distortions in the Attribution Process. En *Advances in experimental social psychology*. Academic Press, 173-220.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. y Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En J. H. Wandersee, J. J. Mintzes y J. D. Novak, *Handbook of research on science teaching and learning* (págs. 177-210). New York: Simon y Schuster - Prentice Hall International.

Wieman, C. E. (2014). Large-scale comparison of science teaching methods sends clear message. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 8319-8320.

Wieman, C. y Welsh, A. (2016). The Connection Between Teaching Methods and Attribution Errors. *Educational Psychology Review*, 645-648.