



Transformar para

# Educar 2

INVESTIGACIÓN EN CLASES NUMEROSAS

Adela de Castro  
Anabella Martínez Gómez  
*Compiladoras*

Transformar para

# **Educar 2**

---

**INVESTIGACIÓN EN CLASES NUMEROSAS**

**Adela de Castro**  
**Anabella Martínez Gómez**  
*Compiladoras*



© Universidad del Norte, 2017

**Jesús Ferro Bayona**  
Rector

**Alberto Roa Varelo**  
Vicerrector Académico

**Eulises Domínguez Merlano**  
Jefe Centro para la Excelencia Docente  
- CEDU

**Sandra Álvarez**  
Dirección editorial

**Zoila Sotomayor**  
Coordinación editorial

**Adela de Castro**  
**Anabella Martínez Gómez**  
Compiladoras

**Emma Colpas**  
Asistente editorial

**Henry Stein**  
Corrección de texto

**CEDU**  
Fotografías y videos

**Victor H. Leyva S.**  
Diagramación digital

**Munir Khafan de los Reyes**  
Asesoría técnica

**Mario Gómez V.**  
**Blessed Ballesteros**  
Montaje libro electrónico

Transformar para

# Educar 2

INVESTIGACIÓN EN CLASES NUMEROSAS

ISBN 978-958-741-778-4

© Reservados todos los derechos. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio reprográfico, fónico o informático, así como su transmisión por cualquier medio mecánico o electrónico, fotocopias, microfilm, *offset*, mimeográfico u otros sin autorización previa y escrita de los titulares del *copyright*. La violación de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Transformar para

# **Educar 2**

---

INVESTIGACIÓN EN CLASES NUMEROSAS

## TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO.....	9
<i>Alberto Roa Varelo</i>	
INTRODUCCIÓN .....	13
<i>Adela De Castro y Anabella Martínez Gómez</i>	
CAPÍTULO I	
CÓMO LA INVESTIGACIÓN DE AULA IMPACTA A LOS ESTUDIANTES	
EL CASO DE LAS CLASES NUMEROSAS.....	17
<i>Anabella Martínez y Karen Parra De La Rosa</i>	
INTRODUCCIÓN .....	18
1. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	19
2. OBJETIVOS .....	20
3. METODOLOGÍA.....	20
3.1. DISEÑO .....	20
3.2. POBLACIÓN.....	21
3.3. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS .....	22
3.4. PROCEDIMIENTO.....	22
4. RESULTADOS.....	22
4.1. ACCIONES DOCENTES .....	22
4.2. SATISFACCIÓN ESTUDIANTIL Y NIVEL DE LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE LAS ASIGNATURAS.....	24
4.3 COMPROMISO ESTUDIANTIL.....	26
CONCLUSIONES .....	28
REFERENCIAS.....	29

## CAPÍTULO 2

### INVESTIGACIÓN DE AULA EN UNA CLASE

MAGISTRAL DE FÍSICA .....31

*Tomás Rada Crespo y María Guzmán Rada*

INTRODUCCIÓN .....32

1. ANTECEDENTES .....33

2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN .....35

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....36

4. OBJETIVOS .....37

5. DISEÑO .....38

5.1. METODOLOGÍA .....38

5.2. MUESTRA .....38

5.3. INSTRUMENTOS.....39

5.4. PASO A PASO DE LA INVESTIGACIÓN DE AULA .....40

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....41

CONCLUSIONES .....49

RECOMENDACIONES.....50

IMPLICACIONES .....51

REFERENCIAS.....51

## CAPÍTULO 3

### CONEXIÓN ENTRE LOS CONCEPTOS FÍSICOS Y

EL MUNDO REAL A TRAVÉS DE VIDEOS CASEROS .....53

*Álvaro González García y Juan Miranda Crespo*

INTRODUCCIÓN .....54

1. ANTECEDENTES .....55

2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN .....55

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....56

4. OBJETIVOS .....58

5. DISEÑO .....58

5.1. METODOLOGÍA .....58

5.2. MUESTRA .....59

5.3. INSTRUMENTOS.....60

5.4. PASO A PASO DE LA INVESTIGACIÓN DE AULA .....60

6. RESULTADOS .....61

6.1. ETAPA PILOTO .....61

6.2. ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN.....63

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	65
7.1. ETAPA PILOTO .....	65
7.2. ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN.....	65
CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS.....	70

#### CAPÍTULO 4

##### SOBRE LA CONCIENCIA DE USAR

EL MARCO CONCEPTUAL DE LA FÍSICA.....	71
---------------------------------------	----

*Erick Tuirán Otero*

1. MOTIVACIONES PARA IMPLEMENTAR LA PROPUESTA.....	72
2. ANTECEDENTES .....	72
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	74
4. OBJETIVOS .....	75
5. DISEÑO.....	75
5.1. METODOLOGÍA .....	75
5.2. MUESTRA .....	75
5.3. INSTRUMENTOS.....	76
5.4. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN PEDAGÓGICA.....	76
6. RESULTADOS .....	81
CONCLUSIONES .....	84
REFLEXIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN.....	86
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS.....	87

#### CAPÍTULO 5

##### ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS PARA CURSOS MASIVOS

EN ECUACIONES DIFERENCIALES .....	91
-----------------------------------	----

*Catalina Domínguez García y Ricardo Prato Torres*

INTRODUCCIÓN .....	92
1. ANTECEDENTES .....	92
2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN .....	93
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	94
4. OBJETIVOS .....	94

5. DISEÑO.....	95
5.1. METODOLOGÍA.....	95
5.2. DESCRIPCIÓN INVESTIGACIÓN AULA.....	96
5.3. MUESTRA E INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	99
6. RESULTADOS.....	101
6.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 1.....	101
6.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 2.....	105
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	107
7.1. ASOCIADOS A PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 1.....	107
7.2. ASOCIADOS A PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 2.....	108
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	109
REFERENCIAS.....	109

## CAPÍTULO 6

APRENDIZAJES DE LA EXPERIENCIA CAMBIO MAGISTRAL 2.....	111
--	-----

*Adela de Castro, Anabella Martínez Gómez, Dick Guerra Flórez*

*y Sabrina De La Hoz*

1. APRENDIZAJE Y TOMA DE CONSCIENCIA.....	112
2. SATISFACCIÓN.....	113
3. MOTIVACIÓN.....	113
4. IMPLICACIONES DE ESTE TIPO DE EXPERIENCIAS.....	113
5. RECOMENDACIONES DE LOS DOCENTES.....	115
REFERENCIAS.....	116

LOS AUTORES.....	117
------------------	-----

## Prólogo



**Alberto Roa Varelo**  
Vicerrector Académico  
Universidad del Norte

La educación en la historia siempre ha estado movida por ideales. A lo largo del tiempo, los diferentes pueblos la han utilizado como medio para lograr propósitos que son relevantes socialmente. Tal como lo expone Jaeger (1986), en su famoso libro *Paideia: The ideals of greek culture*, los griegos resultaron un primer gran ejemplo de una pedagogía que transcendía los intereses temporales y que iba más allá de intenciones personales.

El mundo contemporáneo no está exento de establecer este tipo de ideales. Por el contrario, en un mundo cada vez más cambiante, complejo y diverso, las instituciones educativas, y en especial los educadores, tenemos la obligación de pensar, consensuar, comunicar y justificar ante la sociedad cuáles son los grandes propósitos de la educación. Si esto no se hace y se anuncia, la educación se convierte en un ejercicio “meramente instrumental”, carente de sentido y de fines.

De ahí que en la Universidad del Norte nos hemos planteado la transformación social y humana como fin. En el plano de la persona, un gran reto de transformación es el logro de la autonomía intelectual y moral, entendida en la línea de Immanuel Kant (citado por Chalier, 2002) como la búsqueda de ciudadanos capaces de usar la razón para generar conocimiento, por un lado, y para orientar su acción ciudadana y moral, por otro. En el plano social, la transformación debe ser orientada a generar una dinámica de cambio que busque una sociedad e instituciones cada vez más legítimas, en las que los individuos se vean verdaderamente representados (Rorty, 1979). Este propósito es claramente muy amplio y su cumplimiento se complejiza si se consideran las realidades tecnológicas actuales, la gran demanda

de educación superior, la diversidad de estudiantes, las dificultades de aprendizajes, la exigencia de nuevas competencias en los egresados, por solo mencionar unas cuantas variables.

De ahí que, si se quiere lograr una verdadera transformación, se hace necesario estudiar y conocer muchísimo al estudiante y su contexto, acudir con seriedad a la pedagogía, aplicar sistemáticamente la teoría y revisar y usar las buenas experiencias y prácticas universales; pero, sobre todo, encontrar caminos innovadores.

En esa búsqueda de la innovación, a finales de 2011, se creó el Centro para la Excelencia Docente de la Universidad del Norte, con el fin de apoyar al docente en el desarrollo de su quehacer pedagógico a través de programas, servicios y recursos destinados a fomentar la excelencia e innovación en la enseñanza, para facilitar el aprendizaje efectivo en el estudiante. En estos tres años de funcionamiento, el Centro ha logrado que un gran número de nuestros profesores reflexionen sobre su práctica docente, con miras a su transformación efectiva y obtener así verdaderos cambios en los estudiantes y su aprendizaje. En el caso de este maravilloso libro, se abordará uno de los grandes retos que enfrentan los profesores: cumplir con propósitos superiores de aprendizaje cuando se tienen clases numerosas. En todas las universidades del mundo, existen cursos que se dictan a grupos numerosos de estudiantes. Esta es una realidad que surge por la gran demanda de acceso y por la necesaria eficiencia; pero, al mismo tiempo, puede resultar peligrosa, ya que, si no se asume con responsabilidad, fácilmente se cae en una educación vacía de contenido y pobre de calidad.

La literatura, las buenas prácticas de las universidades del más alto nivel y los estudios de casos disponibles, demuestran que es posible tener grandes cursos y, al mismo tiempo, lograr excelentes aprendizajes y procesos enriquecedores de construcción de conocimiento y desarrollo de habilidades por parte de los estudiantes.

Por tanto, es para la Universidad del Norte de una gran complacencia recopilar en esta obra los casos de profesores que participaron en la convocatoria de Cambio Magistral 2. Cada una de las historias no solo son muestra del gran compromiso por la docencia, sino, además, del resultado de un trabajo sistemático de investigación de aula y de un gran aporte al estado actual en temas de pedagogía e innovación en la educación superior.

Solo resta decir que esta es una contribución en la que los protagonistas son nuestros profesores y su decidido esfuerzo, pero cuyo sentido final es el estudiante, su aprendizaje y su transformación.

## REFERENCIAS

Chalier, C. (2002). *Por una moral más allá del saber: Kant y Levinas*. Madrid: Caparrós.

Jaeger, W. (1986). *Paideia: The ideals of greek culture*. Oxford: Oxford University Press.

Rorty, R. (1979). *Philosophy and the mirror of nature*. Princeton: Princeton University Press.



## INTRODUCCIÓN



**Adela de Castro**



**Anabella Martínez Gómez**

Compiladoras

En la Universidad del Norte, los cursos conocidos como magistrales son aquellos que se imparten a clases numerosas. Este texto que tiene hoy ante sí está compuesto por los proyectos de investigación de aula de la segunda versión de la convocatoria Transformación de Curso, de 2013, abierta por el Centro para la Excelencia Docente (CEDU), y que apuntó a que los docentes participantes pudieran:

- Implementar la metodología de diseño de cursos para el aprendizaje significativo de Fink (Fallahi, 2011; Fink, 2008; Freiria, 2005; McAnally Salas, 2004, 2005; Stoll y Fink, 2005) para la fase de planeación de los cursos magistrales participantes en la convocatoria.
- Incrementar el uso de estrategias pedagógicas efectivas en el contexto universitario, con el fin de promover mayor participación de los estudiantes en las clases magistrales beneficiadas por la convocatoria.
- Desarrollar estrategias formativas de evaluación en las clases magistrales, con el fin de brindarle al estudiante retroalimentación pertinente y oportuna sobre su aprendizaje.
- Incorporar el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) como mediaciones pedagógicas para apoyar el desarrollo de la propuesta presentada en la convocatoria (De Castro y Martínez, 2014).

La convocatoria de 2013 contó con la participación de siete docentes del Departamento de Física, que, bajo la asesoría permanente de Cathy Bishop-Clark y Beth Dietz-Uhler, trabajaron en el diseño de cursos para el aprendizaje creativo durante el primer semestre de 2013 y, durante el segundo semestre, implementaron sus propuestas en sus clases numerosas. Se trabajó en cuatro proyectos.

El esquema de trabajo del primer semestre consistió en:

Tema	Descripción
Introducción a la investigación de aula	Los participantes fueron introducidos en los conceptos básicos de investigación de aula, así como en el marco conceptual necesario para desarrollar una comunidad de aprendizaje docente, donde todos pudieran aprender y reflexionar juntos.
Identificación de la pregunta de investigación e identificación del estudio piloto	Se identificaron y articularon las preguntas de investigación de los participantes con los planes de diseño del piloto.
Diseño del estudio	Los participantes fueron introducidos en varios tipos de diseño de investigaciones (tanto cualitativas como cuantitativas), las fortalezas y debilidades de cada una, así como la escogencia del mejor diseño para cada pregunta problema. Asimismo, los participantes identificaron el estudio piloto que debería ser implementado durante el segundo semestre.
Recolección de datos	Los profesores estudiaron varios tipos de recolección de datos y cómo su recolección está determinada por el tipo de diseño de la investigación de aula. Además, se trataron cuestiones prácticas sobre la recolección de datos. Finalmente, se revisaron temas concernientes a la ética en educación.
Análisis de datos	Los docentes estudiaron temas básicos sobre el análisis cualitativo y cuantitativo de datos. Al final, debieron articular un plan para realizar el análisis de sus propios datos.
Publicación y divulgación	Se trataron temas acerca de las publicaciones reconocidas que aceptan investigaciones de aula. Asimismo, se realizó una revisión sobre las mejores prácticas en la publicación de revistas de investigación de aula y las normativas para autores.
Presentación del estudio	Los profesores presentaron sus estudios al grupo.

Fuente: Bishop-Clark y Dietz-Uhler (2012).

En el segundo semestre se realizó la implementación en las aulas de clase. Hay que anotar que los profesores contaron con asistentes de investigación (capacitados y financiados por el CEDU que apoyaron la recolección y el análisis de datos; esto último se realizó con la colaboración del equipo de la unidad de innovación e investigación del CEDU. Por otra parte, el CEDU adelantó una investigación paralela sobre la transformación de curso llevada a cabo con los docentes de física en sus aulas magistrales de clase. Este libro es fruto de todo lo anteriormente descrito.

*Transformar para educar 2: investigación en clases numerosas* está compuesto por cinco capítulos, a saber: el primero, escrito por Karen Parra y Anabella Martínez, se denomina “Cómo la investigación de aula impacta a los estudiantes: el caso de las clases numerosas”, y presenta la investigación paralela que se llevó a cabo con los docentes y proyectos de esta versión de 2013 de Transformación de Curso. El segundo capítulo, “Investigación de aula en una clase magistral de física”, escrito por Tomás Rada y María Fernanda Guzmán, da cuenta del proyecto adelantado por este docente y su asistente. “Conexión entre los conceptos físicos y el mundo real a través de videos caseros” es el tercer capítulo escrito por los profesores Álvaro González y Juan Carlos Miranda. El capítulo 4, llamado “Sobre la conciencia de usar el marco conceptual de la física”, fue escrito por los profesores Erick Tuirán y Aníbal Mendoza. Por último, el capítulo cinco, “Estrategias pedagógicas para cursos masivos en ecuaciones diferenciales”, estuvo a cargo de los profesores Catalina Domínguez y Ricardo Prato.

Invitamos al lector a revisar nuestras páginas, llenas de ideas innovadoras, estrategias de enseñanza-aprendizaje aplicadas por los docentes e información de primera mano recabada en los salones de clase y analizada para servir de guía para docentes que quieran transformar su aula.

## REFERENCIAS

- Bishop-Clark, C. Y Dietz-Uhler, B. (2012). *Engaging in the scholarship of teaching and learning: A guide to the process, and how to develop a project from start to finish*. Stylus Publishing, LLC.
- De Castro, A. y Martínez, A. (eds.) (2014). *Transformar para educar: cambio magistral 1*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Fallahi, C. R. (2011). *Usando la taxonomía de Fink para el diseño de cursos*. *Observer*, 24 (7). Recuperado de: [http://observatorio.ascofapsi.org.co/static/documents/092\\_Ensepsi-Usando\\_la\\_Taxonomia\\_de\\_Fink\\_para\\_el\\_Diseño\\_de\\_Cursos-Observer\\_TR.pdf](http://observatorio.ascofapsi.org.co/static/documents/092_Ensepsi-Usando_la_Taxonomia_de_Fink_para_el_Diseño_de_Cursos-Observer_TR.pdf)
- Fink, L. D. (2008). *Una guía auto-dirigida al diseño de cursos para el aprendizaje significativo*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de: [http://www.deefinkandassociates.com/Spanish\\_SelfDirectedGuide.pdf](http://www.deefinkandassociates.com/Spanish_SelfDirectedGuide.pdf)

- Freiria, J. (2005). La gestión de la enseñanza y el aprendizaje universitarios. *V Coloquio Internacional Sobre Gestión Universitaria en América del Sur, Mar del Plata*. Recuperado de: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/96875/FREIRIA%20-%20PRESENTACI%C3%93N%20V%20COLOQUIO%20J.%20E.%20Freiria.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- McAnally Salas, L. (2004). Diseño educativo de un curso en línea con las dimensiones del aprendizaje en una plataforma de código abierto. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 34 (3), 113-135.
- McAnally Salas, L. (2005). Diseño educativo basado en las dimensiones del aprendizaje. *Revista Apertura*, 5 (1), 31-43.
- Stoll, L., & Fink, D. (2004). *Para cambiar nuestras escuelas*. Recuperado de: <http://upvv.clavijero.edu.mx/cursos/GestionEscolar/programa/documentos/EFICACIA.pdf>

## CAPÍTULO 1

# CÓMO LA INVESTIGACIÓN DE AULA IMPACTA A LOS ESTUDIANTES: EL CASO DE LAS CLASES NUMEROSAS

**Anabella Martínez Gómez**

Docente Investigadora, Departamento de Educación

[anbellam@uninorte.edu.co](mailto:anbellam@uninorte.edu.co)

**Karen Parra de la Rosa**

Investigadora

[dkaren@uninorte.edu.co](mailto:dkaren@uninorte.edu.co)

## RESUMEN EJECUTIVO

Con esta investigación, se exploró el impacto en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes inscritos en cursos numerosos, facilitados por docentes involucrados en investigaciones de aula. La experiencia de aprendizaje se hizo operativa en función de la satisfacción, el nivel de logro de los objetivos de la asignatura y el reporte de acciones de compromiso estudiantil. Para ello, mediante un diseño cuantitativo de alcance exploratorio, se observaron tres clases de cinco cursos numerosos, durante dos semestres académicos. Para identificar las prácticas docentes y el porcentaje de estudiantes involucrados, se implementó una técnica cualitativa y formativa de valoración del curso, a fin de medir la satisfacción y el nivel de logro de los objetivos de la asignatura; asimismo, se aplicó a los estudiantes una versión abreviada de la *National Survey of Student Engagement*, con el propósito de identificar la frecuencia con que reportaba realizar ciertos indicadores de compromiso conductual y cognitivo. Estos primeros hallazgos apuntan hacia un aumento en la satisfacción y el nivel de logro de los objetivos de las asignaturas y a la estimulación de comportamientos y procesos cognitivos asociados a la naturaleza de los proyectos de innovación propuestos por los docentes.

## INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de la investigación de aula es mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Mckinney, 2012). Con este fin, la Universidad del Norte, en cabeza de su Centro para la Excelencia Docente (CEDU), le apostó al lanzamiento, en 2013, de la Convocatoria Transformación de Curso: Cambio Magistral 2, que estuvo centrada en la investigación de aula en clases numerosas.

Con el antecedente de Cambio Magistral 1, convocatoria dirigida a profesores de clases numerosas que se prolongó hasta mediados de 2013, doce profesores adscritos a distintas divisiones académicas implementaron seis proyectos de transformación de sus cursos magistrales. En general, los resultados de las implementaciones realizadas por los docentes denotaron lo siguiente: un aumento en el nivel de satisfacción reportado por los estudiantes, en comparación con el segundo semestre de 2012 y el primer semestre de 2013, y un aumento en el grado de compromiso de los estudiantes durante las clases; se identificó además que las actividades que realizan los estudiantes con mayor frecuencia son aquellas que implican trabajo colaborativo. Sin embargo, la discusión con los profesores acerca de ideas sobre las lecturas o las clases fuera del salón fue la actividad de participación estudiantil con menor índice de frecuencia. La actividad mental que con mayor frecuencia reportaron realizar los estudiantes fue analizar los elementos básicos de una idea, experiencia o teoría. Mientras que la que tuvo un menor índice de frecuencia fue memorizar hechos, ideas o métodos de los cursos y lecturas para repetirlos de la misma forma.

A mediados de 2013, se lanzó Cambio Magistral 2, dirigida a esta misma población objetivo, de la que resultaron seleccionadas cuatro propuestas desarrolladas por siete profesores adscritos a la División de Ciencias Básicas, con cuatro proyectos diferentes que transformaron ocho cursos magistrales.

A continuación, se describen los objetivos de aprendizaje que se pretendían alcanzar con la implementación de cada uno de los proyectos (tabla 1).

**Tabla 1. Objetivos de aprendizaje**

Propuesta	Objetivo de aprendizaje de la metodología
Enseñanza-asimilación de conceptos, principios y leyes físicas desde la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales.	Propiciar la toma de conciencia en los estudiantes en el momento de emplear el marco teórico de la física en la solución de problemas y realización de experiencias de laboratorio.
Estrategias educativas para un curso de ecuaciones diferenciales.	Promover el aprendizaje autónomo y fomentar la responsabilidad y el compromiso de los estudiantes con su formación académica.
Aprendizaje significativo de la física a través de la elaboración y análisis de videos basados en la realización de experimentos caseros.	Aumentar el interés de los estudiantes por la física y mejorar sus resultados académicos mediante la elaboración en grupos de videos caseros.
Técnicas de <i>student engagement</i> en la clase magistral de física.	Promover la participación activa y mejorar los procesos de evaluación y retroalimentación de los estudiantes.

En esta ocasión, se dirigió la convocatoria hacia la formación en investigación de aula del profesorado; para ello, se diseñó e implementó una comunidad de aprendizaje docente como estructura de acompañamiento. Esta contó con las facilitadoras Cathy Bishop-Clark y Beth Dietz-Uhler, de la Miami University, quienes durante un año mantuvieron reuniones mensuales con los docentes beneficiados, en las que diseñaron sus proyectos de innovación y de investigación de aula.

## 1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La investigación de aula es un proceso en el que el docente se hace preguntas acerca de su clase, e intenta encontrar respuestas a ellas. Este tipo de proyectos son estudios sistemáticos, realizados con criterios avalados por la comunidad científica, con el fin de comprender cómo la enseñanza puede maximizar el aprendizaje, resultando en productos que deben ser socializados y divulgados, y nutriendo así el estado actual de la pedagogía de las disciplinas o de la educación (Potter y Kustra, 2011).

La literatura sobre investigación de aula, en inglés, *Scholarship of Teaching and Learning*, reporta múltiples beneficios para las instituciones que invierten en generar estructuras de apoyo para el desarrollo de estos proyectos, y para los docentes que se involucran en ellos. Por su parte, las instituciones se benefician de los análisis sobre el aprendizaje, de la oportunidad para exhibir en otras instituciones las buenas prácticas en la docencia universitaria, de ofrecer ejemplos de calidad de educación a los futuros aspirantes (Bernstein, 2013) y de enriquecer sus perfiles de investigación (Trigwell, 2013).



Por otro lado, al hacer investigación de aula, los docentes pueden conocer mejor a sus estudiantes, colaborar con colegas de otras disciplinas, convertirse en docentes que basan su enseñanza en evidencias, aportar al campo de la educación, darle sentido a las mediciones de la calidad de la docencia y estimular su interés por ella y disfrutarla más al pensarla como un actividad académica (Bishop-Clark y Dietz-Uhler, 2012; Trigwell, 2013).

Hasta este punto todo está claro. Hacer investigación de aula es beneficioso, ya que permite comprender, categorizar, definir y describir qué hacen los docentes y cómo enseñan y, además, mejorar el aprendizaje de los estudiantes (Trigwell y Shale, 2004). Sin embargo, no aparece tan claro cómo hacer investigación de aula se traduce en mejor aprendizaje para los estudiantes. El acercamiento más común en la literatura va encaminado a que los docentes que hacen este tipo de investigación piensan constantemente en las oportunidades de enseñanza y aprendizaje para sus estudiantes (Bishop-Clark y Dietz-Uhler, 2012).

En esta línea, Brew y Ginns (2008) encontraron una relación significativa entre el involucramiento de docentes de la University of Sydney y la experiencia de aprendizaje de sus estudiantes (Brew y Ginns, 2008). Y es precisamente este el punto sensible de los cursos numerosos: la insatisfacción de docentes y estudiantes con este tipo de cursos, que sienta sus bases en las limitaciones que para los procesos de enseñanza-aprendizaje tienen las clases numerosas tradicionales, en las que el docente desempeña el rol de transmisor de información y donde el estudiante asume un rol pasivo, caracterizado por la reducción de sus procesos de atención tras quince minutos, su anonimato, además de las escasas o nulas oportunidades que tiene el docente para indagar el nivel de comprensión (Gedeon, 1997).

Este estudio surge por la necesidad de conocer qué pasa con los estudiantes inscritos en cursos de docentes de clases numerosas involucrados en investigación de aula y de explorar el panorama más allá de las calificaciones y los índices de deserción y repitencia.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo general

Explorar el impacto de la investigación de aula en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes inscritos en cursos numerosos.

### Objetivos específicos

- Describir las acciones que desarrollan los docentes durante las clases numerosas.
- Describir el nivel de satisfacción y el nivel de logro de los objetivos de la asignatura reportado por los estudiantes inscritos en los cursos beneficiados.
- Describir el grado de compromiso conductual y cognitivo de los estudiantes en clases numerosas.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño

Los resultados presentados en este capítulo hacen parte del proyecto titulado *Investigación paralela a la convocatoria Cambio Magistral 2*, estudio diseñado y ejecutado por el CEDU de la Universidad del Norte, durante el segundo semestre de 2013 y el primer semestre de 2014.

Si bien la investigación paralela se desarrolló bajo los lineamientos del diseño mixto de investigación en ciencias sociales, que, tal como enuncian Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista Lucio (2006), constituyen el grado más alto de integración entre los enfoques cuantitativos y cualitativos, los resultados que se presentan en este documento hacen parte de su componente cuantitativo, cuyo alcance es de naturaleza exploratoria y permite conocer la valoración de los estudiantes sobre las asignaturas, su comportamiento en clases y su nivel de compromiso con estas.

### 3.2. Población

Las propuestas fueron presentadas en su mayoría por profesores con contrato de tiempo completo. El 29 % de los docentes está adscrito al Departamento de Matemáticas y estadística y 71 % al de Física (figura 1A y 1B).

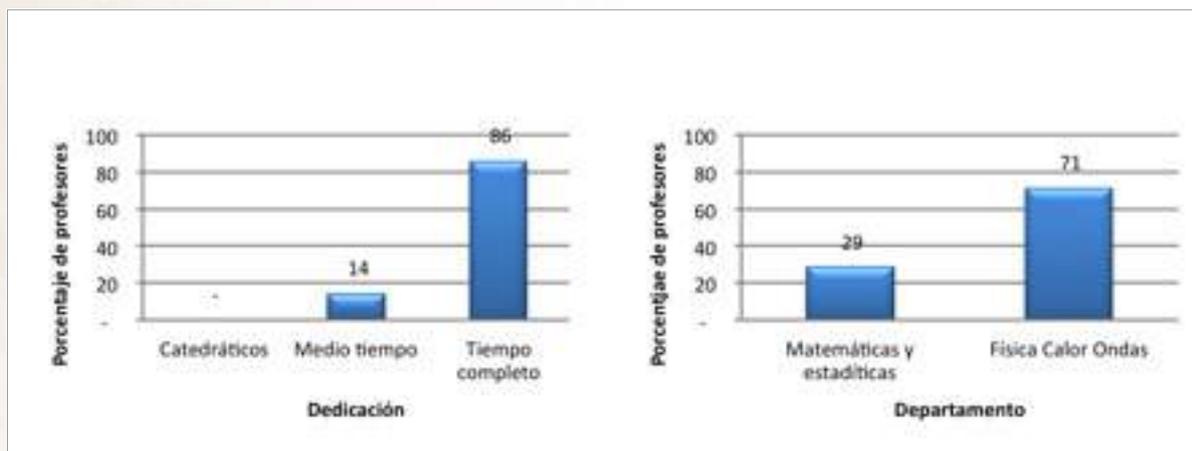


Figura 1A y 1B. Distribución de docentes por departamento

Las propuestas seleccionadas como ganadoras de la convocatoria son las que se especifican en la tabla 2.

Tabla 2. Propuestas ganadoras de la convocatoria

Propuesta	Asignatura	Número de docentes involucrados	Número de cursos
Enseñanza-asimilación de conceptos, principios y leyes físicas desde la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales (teoría de la formación por etapas de las acciones mentales).	Física calor ondas	2	1
Estrategias educativas para un curso de ecuaciones diferenciales.	Ecuaciones diferenciales	2	2
Aprendizaje significativo de la física a través de la elaboración de proyectos y experimentos caseros.	Física calor ondas	2	1
Técnicas de <i>student engagement</i> en la clase magistral de física.	Física calor ondas	1	1

### 3.3. Instrumentos y técnicas

Para la recolección de los datos se utilizaron los siguientes instrumentos (tabla 3).

**Tabla 3. Instrumentos**

Instrumento	Técnica	Objetivo	Dirigido a
Formato de observación	Observación no participante	Identificar el grado de compromiso de los estudiantes con relación a la asignatura y las estrategias pedagógicas con que desarrollan las clases los profesores.	Estudiantes y docentes
Diagnóstico rápido de curso ( <i>quick course diagnosis</i> )	Encuesta	Conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes con respecto al uso de la herramienta y nivel de logro de los objetivos reportado por los estudiantes.	Estudiantes
National Survey of Student Engagement (2012)	Encuesta	Conocer la frecuencia con que los estudiantes realizan ciertas actividades de participación durante las clases y de actividades mentales asociadas a la participación en la asignatura.	Estudiantes

### 3.4. Procedimiento

Para recolectar los datos, se tomaron varias medidas en tres momentos diferentes, en cada semestre académico:

En el primer mes de clase, se hizo una observación de clase no participante.

A inicios del tercer mes, se realizó una observación de clase no participante, y en otra clase se aplicó el National Survey of Student Engagement a los estudiantes.

Hacia el final del cuarto mes, se realizó una observación de clase no participante.

## 4. RESULTADOS

En la primera sección de este apartado, se encuentran los resultados globales relacionados con acciones docentes, luego los relacionados con la satisfacción estudiantil y, por último, los concerniente al compromiso de los estudiantes.

### 4.1. Acciones docentes

Se estructuraron nueve categorías, que resumen las acciones que ejecutaron los docentes durante las clases observadas (figura 2).

#### Desarrollo de los contenidos

Explicaciones que van desde las más tradicionales, con discursos asociados al rol del docente como transmisor de información, y otras más constructivistas, donde, por medio de su discurso, los docentes indagan sobre conocimientos previos, presentan los contenidos en un contexto comprensible para los estudiantes y acuden a ejemplos cercanos a su realidad, algunas veces empleando recursos propios del contexto del aula o externos a esta, pero incluidos intencionalmente, como péndulos y cronómetros. Este tipo de acciones son las que con mayor frecuencia realizaron todos los docentes, que representan la mitad del total (50 %).

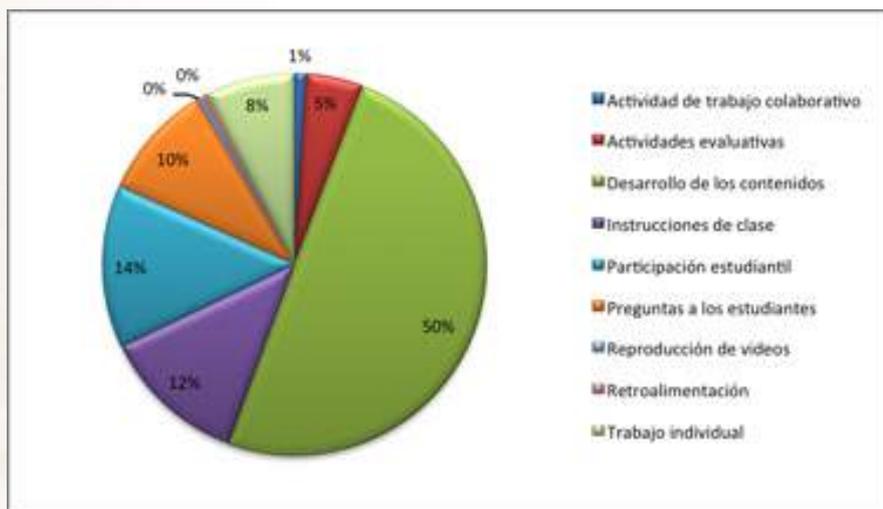


Figura 2. Frecuencia de acciones docentes en cursos numerosos

### **Instrucciones de clase**

Introducciones y cierres que hacían los docentes a las clases, así como las instrucciones que daban para el desarrollo de actividades dentro y fuera del aula, e información sobre actividades evaluativas pasadas (entrega de calificaciones o retroalimentación de exámenes) o futuras (fechas y temas para próximas evaluaciones). El 12 % del total de las acciones corresponde a esta categoría.

### **Actividad de trabajo colaborativo**

Acciones relacionadas con actividades de aprendizaje, que incluían la conformación de pequeños grupos de trabajo. El 1 % de las acciones realizadas por los docentes incluía actividades de esta índole dentro del aula de clase.

### **Participación estudiantil**

Acciones relacionadas con la participación activa de los estudiantes en la clase, por ejemplo: pasar al tablero para explicar las ideas clave de una lectura o para resolver un ejercicio. El 14 % del total de las acciones corresponde a esta categoría.

### **Preguntas a los estudiantes**

Acciones donde los profesores le hacían preguntas directas a un determinado estudiante o para que fueran respondidas voluntariamente. Muchas de las preguntas a los estudiantes hacen parte fundamental del desarrollo de los contenidos que los docentes realizan. Este tipo de acciones ocupa 10 % del total de las acciones docentes.

### **Trabajo individual**

Acciones donde los docentes permitían a los estudiantes cortos espacios de tiempo para que desarrollaran una actividad individualmente. Por ejemplo: resolver un ejercicio o un problema. El 8 % de total de las acciones ejecutadas por los docentes incluía este tipo de actividades en el aula de clase.

### Actividades evaluativas

Acciones de evaluación sumativa y formativa que los docentes ejecutaron en las clases, en forma de heteroevaluación con mediación de tecnologías o sin ella. Este tipo de acciones representó 5 % del total de las acciones docentes.

### Retroalimentación

Explicaciones que el docente hace sobre el desempeño de un estudiante. Estas corresponden a menos de 1 % de las acciones docentes.

### Reproducción de videos

Acciones en que los profesores reproducen videos alusivos a los contenidos trabajados durante la clase o que los estudiantes reproducen como producto de una actividad de aprendizaje de la asignatura. Este tipo de acciones representó menos de 1 % del total de las acciones docentes.

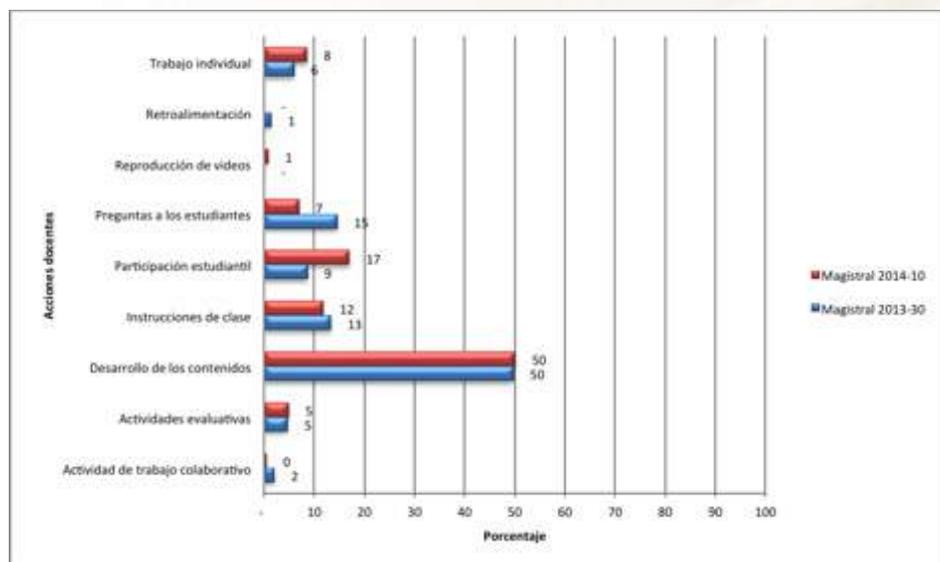


Figura 3. Distribución porcentual de las acciones docentes por periodo académico

La frecuencia con que se ejecutó la mayoría de las acciones docentes, en los cursos numerosos observados, no varió de un semestre a otro. Y fue la excepción: preguntas a los estudiantes, que disminuyó a la mitad su frecuencia para el primer semestre de 2014, y participación estudiantil, que duplicó su aparición para este mismo periodo (figura 3).

Estos resultados se explican por el tiempo de los proyectos de innovación emprendidos por los docentes involucrados en la convocatoria. La mayoría de ellos ya implementaba gran parte de los cambios que ejecutaron en sus clases durante el periodo de Cambio Magistral 2.

## 4.2. Satisfacción estudiantil y nivel de logro de los objetivos de las asignaturas

La satisfacción y el nivel de logro de los objetivos de las asignaturas reportados por los estudiantes aumentaron de un semestre a otro (figuras 4 y 5).

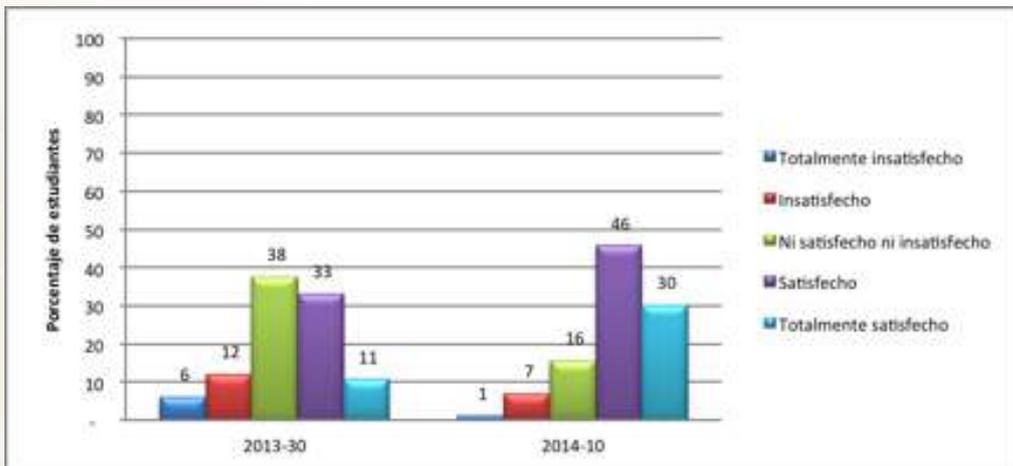


Figura 4. Nivel de satisfacción según periodo académico

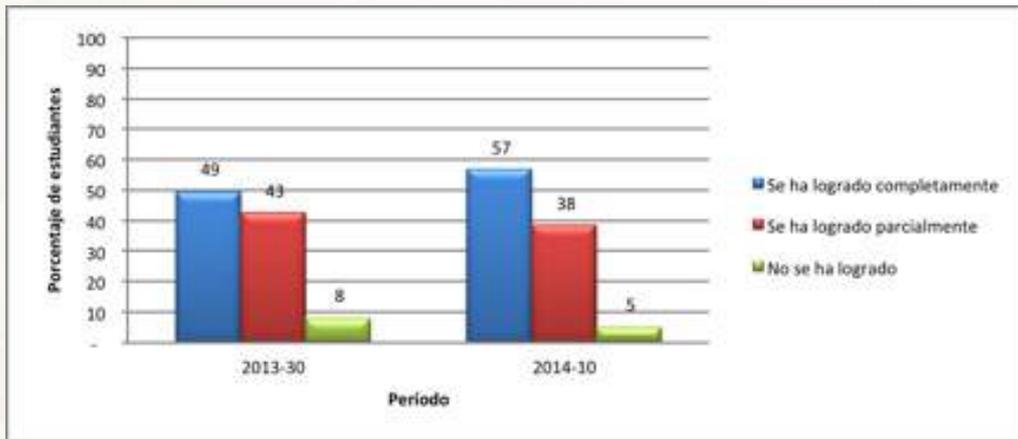


Figura 5. Nivel de logro de los objetivos de la asignatura

Al respecto, se halla en la literatura estudios que explican el aumento de la satisfacción de los estudiantes en cursos facilitados por docentes en etapa de entrenamiento en docencia universitaria (Lueddeke, 2003). Lo que hace pensar el acompañamiento en investigación de aula como un espacio de desarrollo docente, que redundaría en el mejoramiento de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes o, como mencionan Trigwell y Shale (2004), los aspectos intencionales de la investigación de aula: un medio para un fin.

Además, estos resultados harían pensar en la relación entre el aumento de las oportunidades de participación estudiantil y la satisfacción de los estudiantes.

### 4.3. Compromiso estudiantil

#### Dimensión conductual

No hubo diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de estudiantes comprometidos a nivel conductual de un semestre a otro (figura 6).

En cuanto al autorreporte de los estudiantes de ciertas conductas de compromiso conductual, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia con que se realizaron las actividades cuestionadas entre un semestre y otro.

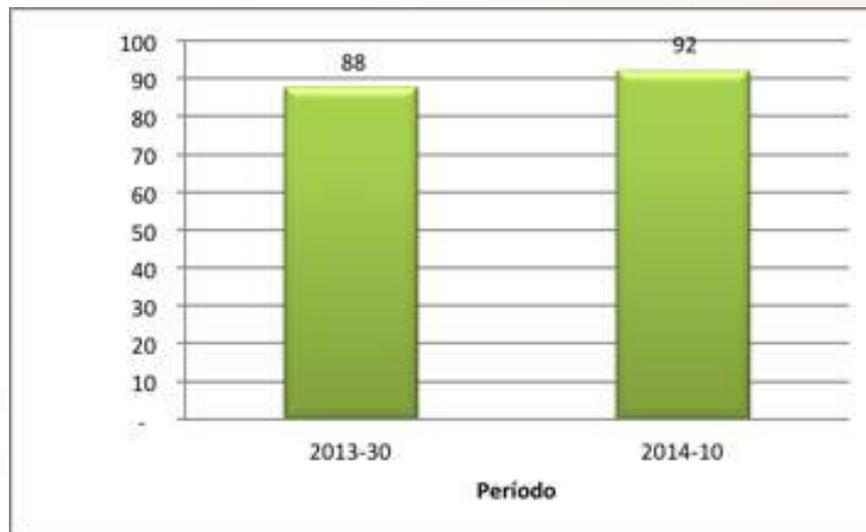


Figura 6. Porcentaje de estudiantes comprometidos

Se encontró que las que con mayor frecuencia fueron reportadas por los estudiantes fueron aquellas relacionadas con trabajo colaborativo y las relacionadas con la integración de conocimientos de otros cursos en los trabajos de la asignatura. Si bien durante las clases observadas no se llevaron a cabo actividades de trabajo en grupo, los docentes sí hacían hincapié en recordar la información de otras asignaturas en el desarrollo de los ejercicios que se resolvían.

Por otra parte, las actividades que con menor frecuencia reportaron los estudiantes estaban relacionadas con la realización de informes o proyectos, que requerían la integración de información de distintas fuentes, y haber llegado a clases sin leer las lecturas o haber hecho las tareas. (figura 7).

#### Dimensión cognitiva

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre un semestre y otro, atendiendo a la frecuencia con que los estudiantes reportaron realizar ciertos procesos mentales.

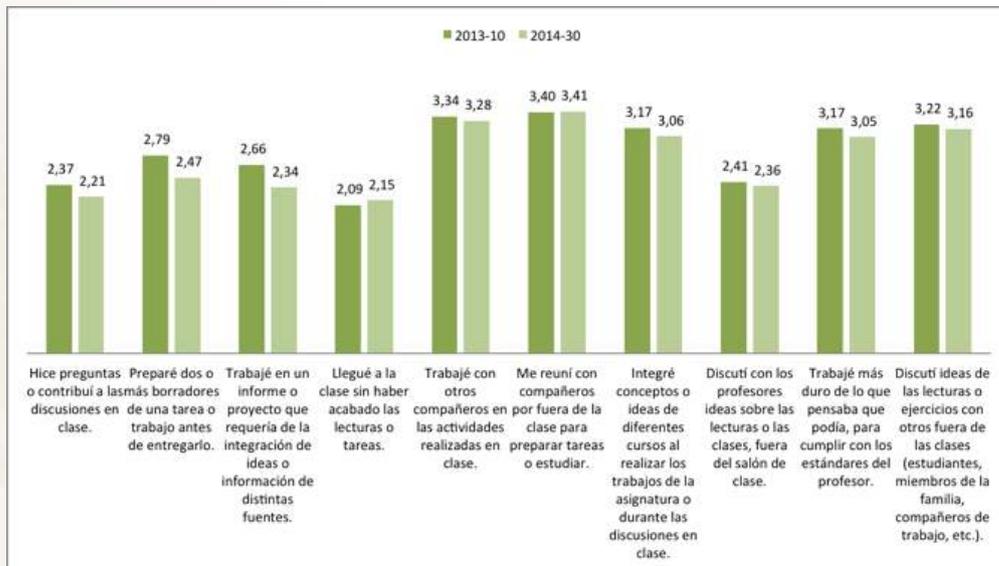


Figura 7. Dimensión conductual del compromiso estudiantil

El proceso mental que con mayor frecuencia reportaron los estudiantes fue aplicar teorías o conceptos en problemas prácticos o en situaciones nuevas, mientras que memorizar hechos, ideas o métodos del curso para repetirlos de la misma forma fue el menos frecuente. Tales resultados están relacionados con la naturaleza de la mayoría de los proyectos de innovación implementados durante la convocatoria. Estos, al ser de cursos de ciencias básicas, iban destinados, principalmente, a que el estudiante pudiera aplicar los contenidos de la asignatura (figura 8).

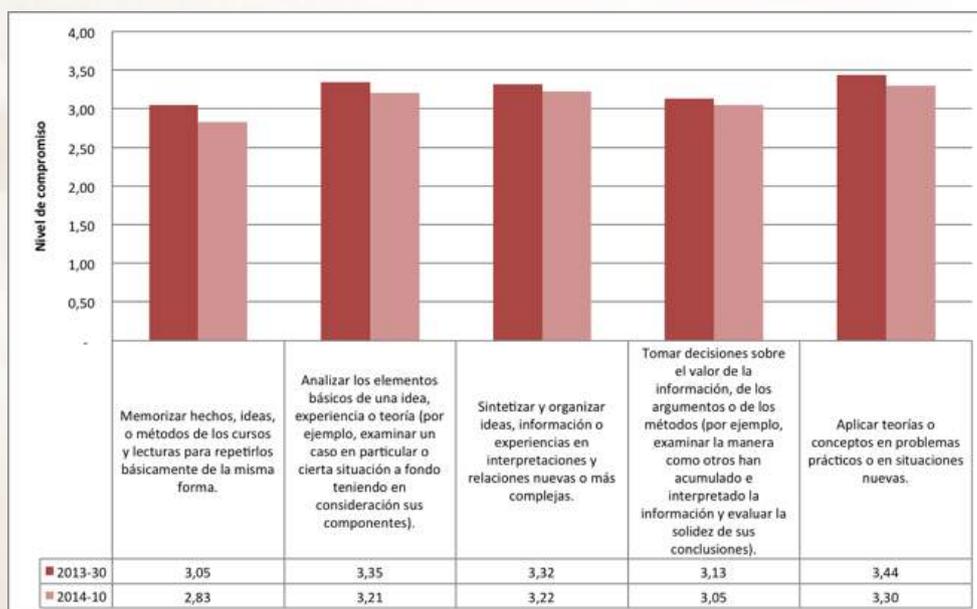
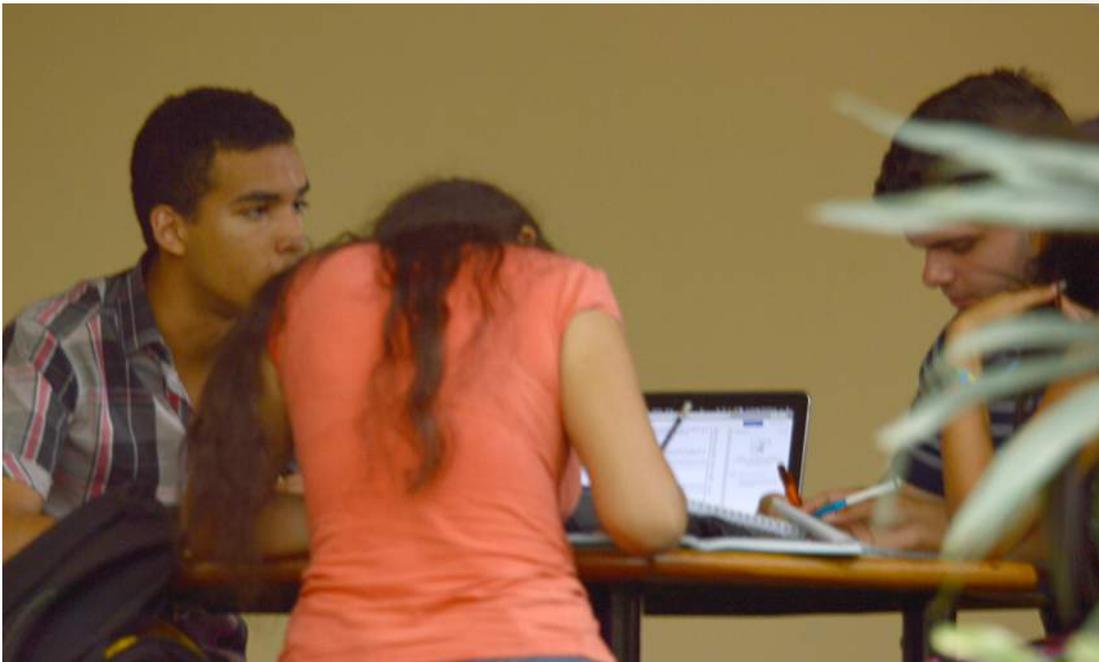


Figura 8. Dimensión cognitiva del compromiso estudiantil

Durante las observaciones, los docentes ejecutaron las acciones con la misma frecuencia, salvo las acciones de oportunidades para la participación estudiantil, cuya aparición se duplicó para el segundo semestre, y las preguntas a los estudiantes, que se disminuyeron a la mitad para tal periodo. Si bien estos resultados hacen pensar que no hubo cambios mayores en las acciones docentes, el análisis de las frecuencias no dice mucho de la forma en que los profesores ejecutaron dichas acciones; y es en estas formas donde, posiblemente, se pueden hallar explicaciones a la percepción de mejora de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, que se hizo operativo en este estudio en función de la satisfacción, el nivel de logro de los objetivos de las asignaturas y su compromiso estudiantil.

Los estudiantes inscritos en cursos numerosos, facilitados por docentes involucrados en investigación de aula, reportaron sentirse más satisfechos con los cursos, y percibir mayor nivel de logro



de los objetivos de la asignatura, en comparación con el primer semestre de la convocatoria. Y no ocurrió así con los indicadores de compromiso estudiantil.

En general, los estudiantes reportaron la misma frecuencia de acciones conductuales y cognitivas en el primer y en el segundo periodo de la convocatoria. Sin embargo, las acciones que con mayor frecuencia realizaron los estudiantes están relacionadas con la participación en actividades que implicaban el trabajo con otros fuera y dentro del salón de clases, la integración de conocimientos de otros cursos en los trabajos de la asignatura y la aplicación de teorías y conceptos a problemas prácticos o situaciones nuevas. Por otra parte, las acciones que con menor frecuencia desarrollaron los estudiantes implicaban la realización de trabajos o informes que requerían la integración de distintas fuentes, llegar a clases sin haber hecho las lecturas y memorizar hechos e ideas para repetirlos de igual forma.



Estos resultados permiten aseverar que la ejecución de proyectos de investigación de aula mejora la satisfacción de los estudiantes y el nivel de logro de los objetivos de la asignatura y promueve y estimula la aparición de conductas y procesos cognitivos asociados a los proyectos de innovación que se estén probando. Una hipótesis explicativa de estos resultados sienta sus bases en los hallazgos de investigación que aseguran que los docentes al pasar por un proceso de formación sus estudiantes reportan sentirse más satisfechos (Lueddeke, 2003), y hace pensar en el acompañamiento mediante comunidades de aprendizaje docente especializadas en investigación de aula, como espacios de crecimiento y desarrollo profesoral.

## REFERENCIAS

- Bernstein, D. (2013). How SoTL-active faculty members can be cosmopolitan assets to an institution. *Teaching and Learning Inquiry: The ISSOTL Journal*, 1(1), 35-40.
- Bishop-Clark, C. y Dietz-Uhler, B. (2012). *Engaging in the scholarship of teaching and learning: A guide to the process, and how to develop a project from start to finish*. Sterling, VA: Stylus.
- Brew, A. y Ginns, P. (2008). The relationship between engagement in the scholarship of teaching and learning and students' course experiences. *Assessment y Evaluation in Higher Education*, 33(5), 535-545.
- Gedeon, R. (1997). Enhancing a large lecture with active learning. *Research Strategies*, 15(4), 301-309.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. 4 ed. México: McGrawHill Interamericana.

- Lueddeke, G. R. (2003). Professionalising teaching practice in higher education: A study of disciplinary variation and 'teaching-scholarship'. *Studies In Higher Education*, 28(2), 213-228.
- McKinney, K. (2012). Increasing the impact of SoTL: Two sometimes neglected opportunities. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 6(1), 3.
- Potter, M. K. y Kustra, E. D. (2011). The relationship between scholarly teaching and SoTL: Models, distinctions, and clarifications. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5(1), 23.
- Trigwell, K. (2013). Evidence of the impact of scholarship of teaching and learning purposes. *Teaching and Learning Inquiry: The ISSOTL Journal*, 1(1), 95-105.
- Trigwell, K. y Shale, S. (2004). Student learning and the scholarship of university teaching. *Studies in Higher Education*, 29(4), 523-536.

## CAPÍTULO 2

# INVESTIGACIÓN DE AULA EN UNA CLASE MAGISTRAL DE FÍSICA

**Tomás Rada Crespo**

Docente investigador del Departamento de Física y Geociencias de la Universidad del Norte

[trada@uninorte.edu.co](mailto:trada@uninorte.edu.co)

**María Guzmán Rada**

Investigadora

## RESUMEN EJECUTIVO

Los cursos de física que se imparten en la universidad son parte del componente básico de todos los programas de ingenierías; sin embargo, los índices de repitencia de estas asignaturas son altos, debido a múltiples razones. Así, uno de los aspectos que se quieren reforzar en los cursos, en especial magistrales, son la permanencia y aprobación de estos cursos por parte de los estudiantes. Incrementar la motivación de los estudiantes es el mayor desafío al que los docentes se puedan enfrentar para lograr aprendizajes significativos y duraderos en el estudiantado.

Este trabajo resalta algunos avances en esa dirección y, además, incursiona en la investigación de aula para tratar de encontrar respuestas acerca de cómo los estudiantes tratan algunos temas específicos, que se consideran claves dentro del proceso. Uno de ellos es el movimiento armónico simple (MAS). Para ello, se viene utilizando una situación sobre el MAS, en la que se presenta desde dos aproximaciones, llamadas, en nuestro caso, perspectiva matemática y perspectiva figura. Allí se brinda información, que el estudiante debe extraer, sobre algunas variables, y se indaga sobre otras variables asociadas.

Los resultados hasta ahora muestran que 67 % de los estudiantes intenta resolver los interrogantes propuestos, pero solo 36 %, en el mejor de los casos, logra obtener respuestas satisfactorias. Además, cuando las variables por obtener son dependientes, se reduce aún más el porcentaje de estudiantes que lo logran.

Por otra parte, sobre la motivación y el ambiente de clases, se ha encontrado que los experimentos magistrales y el uso de las tarjetas de respuestas inmediatas, o clickers, favorecen la interacción estudiante-profesor y brindan retroalimentación inmediata. Otros aspectos que los aprendices destacan, en la metodología de clase propuesta, son los resúmenes sobre lecturas previas y los test conceptuales. Ya que estos tienen efectos positivos en el ambiente de clase, lo que se refleja en una mejoría en los resultados académicos de los estudiantes, que, conforme avanza el semestre, se adaptan a esta metodología.

Es importante la flexibilidad inicial que el docente pueda brindar, así como la confianza y comunicación que se genere con los estudiantes, a fin de que estos puedan expresar algunas situaciones en las que no se puedan sentir cómodos y, así, reforzar su motivación. Hay que recordar que todo cambio en los procesos conlleva algunos traumas que hay que sortear y que esto, como proceso que es, toma tiempo.



## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, se ha ido realizando una transformación hacia la forma como los estudiantes participan en las clases. Hace veinte años lo predominante era que los estudiantes fueran pasivos en el aula de clases, y solo el profesor marcaba la manera como estas se llevaban a cabo. Hoy en día, vemos que el estudiante es dinámico, se muestra interesado en ser partícipe del desarrollo de la clase y no se dedica a ser solo un receptor de lo que el profesor transmite; método que no es malo, ya que por mucho tiempo dio resultado; pero, si es posible, ¿por qué no mejorarlo?

De esta manera, nace la idea de realizar una mejora a la clase magistral de Física Calor Ondas, en la cual una forma de hacer que el estudiante participe es por medio de los experimentos que se desarrollarán en la clase, y no solo en el laboratorio; además, utilizando dispositivos de respuestas inmediatas (*clickers*) e incentivar así su participación y su aprendizaje.

Por otra parte, se comenzó con la investigación de aula, con el fin de aprovechar las potencialidades de este tipo de curso. Para ello, se pensó en un tema que tiene múltiples aplicaciones y que puede abordarse desde dos perspectivas, como la aproximación matemática y la aproximación figura.

En el presente trabajo, usted, amigo lector, encontrará unos elementos iniciales que dieron pie a esta propuesta. Se esbozan detalles de la intervención ofrecida y se confronta un poco lo que se hacía antes y lo que se hace ahora. Luego, se lleva a cabo una breve revisión de la literatura, para continuar con los objetivos de la propuesta. A continuación, se describe la metodología empleada, la población que se abordó y los instrumentos utilizados, que sirvieron como insumos para obtener los resultados, y que están relacionados con las condiciones o el ambiente del curso y con la forma como los estudiantes enfrentan algunas situaciones relacionadas con el MAS.

Hay maneras de mostrar que esta idea funciona. Una es la opinión directa de los estudiantes. Otra es observando el porcentaje de los estudiantes que aprueban los parciales o cortes, comparado con los resultados obtenidos en las clases tradicionales, lo cual revela un aumento significativo en dichos resultados. Además, la asistencia también mejoró debido al uso de *clickers* para realizar *quices* semanales; también por las notas de los *quices* virtuales, y por medio de videos realizados por los mismos estudiantes, los cuales tienen bonificaciones en sus notas. Como resultado de ello, encontramos menor número de estudiantes que desertan, y menor número de estudiantes que pierdan la asignatura.

## 1. ANTECEDENTES

Este trabajo corresponde a la continuación de uno previo, en el cual se establecieron unas actividades orientadas a la motivación de los estudiantes, por un lado, y hacia la interacción aprendiz-profesor, por otro. Para esta segunda etapa, se pretendía afianzar los elementos positivos que se lograron, a fin de seguir dando solidez a la dinámica de la clase magistral que se viene desarrollando, ya que dos semestres (2012-30 y 2013-10) no son suficientes para implementar, en su totalidad, un trabajo docente que estimule la participación de los estudiantes e incremente sus motivaciones. Se puede consultar lo realizado en la primera parte de este proceso en *Innovar para educar* (Tomo 1) (Rada et al., 2014).

Además, y de manera paralela, se pretendía sentar bases sólidas para el futuro, respecto de investigación de aula. Ya que los resultados obtenidos hasta ahora con la implementación de la propuesta de *Experimentos magistrales en el aula* muestra elementos destacables, algunos de los resultados obtenidos en los dos primeros semestres se pueden agrupar en dos categorías: los cualitativos y los cuantitativos. Los primeros hacen alusión a la percepción, por parte de los estudiantes, de la metodología aplicada; y los segundos se refieren a los resultados académicos obtenidos, comparando estos últimos con los dos semestres anteriores, donde se desarrollaban las clases de manera tradicional.

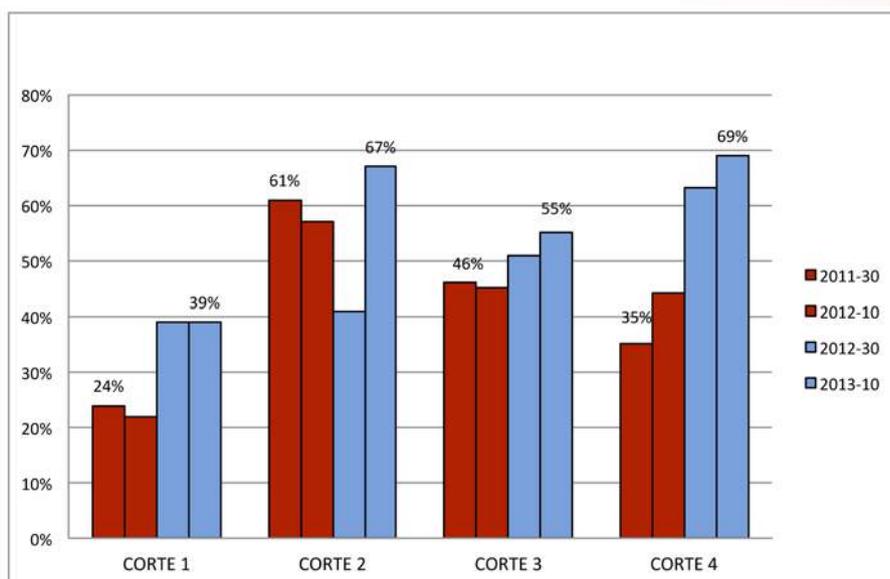


Figura 1. Resultados obtenidos durante cuatro semestres consecutivos

### Resultados cualitativos: opinión de los estudiantes

En una encuesta de opinión realizada a los estudiantes durante los dos semestres de la aplicación del método, se encuentra que 84 % (2012-30) y 79 % (2013-10) de los estudiantes considera que la forma de estudio ha mejorado o que lo recomendarían a otro compañero, lo cual muestra los beneficios o ventajas que esta metodología agrega a los estudiantes de la asignatura.

Sobre la utilización de las tarjetas de respuestas inmediatas (clickers), los estudiantes en 75 % (2012-30) y en 94 % (2013-10) considera que dichas sesiones serían recomendables para seguir las utilizando en el semestre siguiente para la misma asignatura (Rada, 2015).

### Resultados cuantitativos: calificaciones

De las calificaciones obtenidas por los estudiantes en cuatro periodos consecutivos, donde los primeros dos (representados por barras en rojo en la figura 1) fueron desarrollados en clases tradicionales, y los dos siguientes (en azul) en cursos en los que se introdujeron algunas innovaciones a la clase magistral, se puede notar una mejora en las calificaciones en términos generales y en el número de estudiantes que lograron aprobar cada corte. Además, se puede apreciar un salto importante en el primer corte, en el que casi se duplica el porcentaje de estudiantes que aprueban dicho corte en las clases tradicionales.

De los resultados acerca de la deserción (o retiro de la asignatura antes de realizar el examen final), se observó que en el periodo 2012-10 el porcentaje de retiros fue de 36 %, en 2012-30 fue de 25 % y en el 2013-10 fue de 24.4 %. Ello indica un notorio cambio después de la implementación de la metodología en comparación con la anterior, lo cual se manifiesta en un aumento en la intencionalidad de los estudiantes a permanecer hasta el final del curso. Expuestos estos elementos, se pretende ahora observar cómo sigue marchando el proceso y cómo se decantan tendencias de acuerdo con los resultados obtenidos.

Además, se espera estructurar una investigación de aula que brinde algunas luces de cómo los estudiantes abordan algunas situaciones físicas y su forma de aprendizaje. En este caso, se comenzó con un tema específico, como el MAS. Para ello, se definió una situación concreta donde los estudiantes fueran inducidos a tomar uno de dos caminos posibles para resolver la problemática planteada. Los detalles se presentan más adelante.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Se ha puesto de presente, en el contexto de los programas de ingeniería en la Universidad del Norte, que la interacción entre estudiantes y profesor en un curso numeroso de física favorece el entorno y su dinámica, tal como está descrito en *Transformar para educar: Cambio Magistral 1* (Rada, 2015). Además de lo expresado, se puede afirmar que la combinación de experimentos, tanto los magistrales en clase como los hechos por los estudiantes, y el uso de los clickers mejoran la motivación y participación en el proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes. Estos experimentos están pensados para desarrollar, contrastar, comprobar y hacer hincapié los conceptos fundamentales de la asignatura.



A través de preguntas conceptuales, durante y después del experimento, se incentiva al estudiante a que piense críticamente basado en los argumentos teóricos estudiados en clase. Lo anterior apunta a reforzar la motivación de los estudiantes hacia el estudio de la física y, por ende, a un mayor compromiso con la asignatura, que puede ser evidenciado en las actividades individuales y grupales que realizan. En general, se ha observado que esto redundará en una disminución en la tasa de retiro de la asignatura y un incremento en las notas generales de los estudiantes. En esta dirección de pensamiento, se continúa durante la propuesta de Cambio Magistral 2; pero, además, se comienza a realizar investigación de aula orientada a la búsqueda de los elementos cognitivos que influyen en los resultados de los estudiantes y que involucran ciertos procesos mentales.

Tal como se ha mencionado, esto es continuación de lo que se viene realizando, que incluye: lecturas previas y el control de estas, experimentos en el aula, sesiones de clickers, ejercicios desarrollados en el tablero por los estudiantes y con la explicación del profesor sobre la temática. En ese sentido, son pocos los cambios sustanciales que se proponen, aunque se requiere ajustar aspectos como tiempos, para algunas prácticas, o en la realización de clickers. Sin embargo, se adicionó un elemento más en la búsqueda de la interacción y de la motivación de los estudiantes. Ello consistió en la realización de videos hechos usualmente en casa por los estudiantes (en grupos de dos o tres), en los que describen alguna situación o fenómeno físico usando los principios y las leyes de la física asociadas con la temática del curso. Finalmente, se establecen quices virtuales para el fin de semana, y se incentiva que el desarrollo de la clase sea cooperativo entre los estudiantes.

Con respecto de la investigación de aula, como elemento innovador, se diseñó una pregunta relacionada con una situación sobre el MAS, con la intención de analizarla a la luz de dos enfoques: uno usando una figura y el otro mediante una ecuación. Durante el desarrollo de las clases, se hizo énfasis en la importancia del tema y su análisis, con potenciales aplicaciones, más adelante, en otras temáticas en el curso y en otras asignaturas de los distintos programas de ingenierías.

### 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Como se expresó en las motivaciones para la propuesta, y según los antecedentes que se han tenido, se consideraba muy importante darle continuidad al trabajo que se viene realizando, e ir introduciendo otros aspectos clave asociados con la investigación en el aula, dentro del *Scholarship of Teaching and Learning*, basado en el texto de las autoras Bishop-Clark y Dietz-Uhler (2012).

Asimismo, uno de los aspectos más importantes en la enseñanza es poder identificar, a tiempo, preconcepciones erróneas que generan dificultades de aprendizaje; es decir, cuáles son esos errores mentales que los estudiantes cometen cuando se enfrentan al estudio de un nuevo tema, lo cual se logra mediante una interacción muy efectiva entre el profesor y el estudiante. Otro elemento importante, además de generar una mayor interacción con el estudiante, es poder obtener una interacción estudiante-estudiante alrededor de los temas tratados, lo cual representa una gran oportunidad para discutir los conceptos vistos y realizar una retroalimentación de los errores y dificultades que tienen los estudiantes (Bonwell y Eison, 1991). Este aprendizaje colaborativo permite mejores resultados que el de un aprendizaje individual, pues ejercita las relaciones interpersonales, las discusiones sobre variables cognitivas y académicas y el trabajo en equipo. De esta manera, además de utilizar su propio aprendizaje, los estudiantes aprovechan al máximo la interrelación en el grupo para lograr la construcción del conocimiento (Johnson, 1999).

En las asignaturas como la física, una forma de contrastar los conceptos e ideas previas que tienen los estudiantes acerca de los temas y problemas desarrollados en las clases es a través del experimento. Un experimento físico sencillo puede dar información muy importante al profesor mediante la indagación a los aprendices a partir de preguntas dirigidas sobre los conceptos involucrados. Las respuestas de los estudiantes permitirán contrastar las ideas previas de los estudiantes con los resultados obtenidos. Si es posible lograr retroalimentación de una forma inmediata, el profesor podrá reorientar sus explicaciones hacia aquellos conceptos que no han sido correctamente interpretados por los estudiantes. Esta interacción permite que el estudiante sea una parte activa del desarrollo de la clase y aumentar su experiencia de aprendizaje al generarse entre ellos un



diálogo reflexivo (Fink, 2008). El enfoque didáctico, para la implementación de los experimentos magistrales de la propuesta, está basado en los cursos de física general impartidos por el profesor Walter H. G. Lewin, del Instituto Tecnológico de Massachusetts y que pueden verse a través del programa OpenCourseWare en <http://ocw.mit.edu/courses/translated-courses/spanish/#physics>

Los test conceptuales están basados en los trabajos realizados, principalmente, por el doctor Eric Mazur, quien en su texto Instrucción por pares (Mazur, 1996) manifiesta que a través de aquellos encuentra una forma de revisar el entendimiento de los conceptos. De hecho, algunas preguntas de los test presentados en los cursos son tomadas de su base de datos. Esto debe ser acompañado por las lecturas previas, lo cual permite utilizar parte del tiempo de la clase a explorar la interacción con los estudiantes, centrar la atención sobre conceptos subyacentes en distintas situaciones prácticas y abrir la discusión sobre las aplicaciones. Igualmente, en las sesiones de clickers, las preguntas son tomadas del mismo texto de Mazur (1996), de los docentes y algunas del texto guía Física universitaria (12.<sup>a</sup> ed.), de Young y Freeman.

## 4. OBJETIVOS

### Objetivo general

Reforzar la motivación de los estudiantes hacia el estudio de la física y un mayor compromiso con la asignatura.

### Objetivos específicos

- Estimular la participación del estudiante mediante el uso de tarjetas de respuesta inmediata, realización de videos y otros trabajos grupales.
- Generar mejores ambientes de aprendizaje cuando los estudiantes obtienen retroalimentación inmediata en preguntas conceptuales.
- Explorar qué ruta favorece mejores resultados en los estudiantes al resolver problemas del MAS mediante dos enfoques diferentes.
- Realizar investigación de aula relacionada con el movimiento armónico simple y sus variables.

## 5. DISEÑO

### 5.1. Metodología

Respecto de la metodología empleada en la investigación de aula, se puede afirmar que es de tipo cuantitativa, ya que se establecen parámetros claros en cuanto a lo que se pregunta y lo que se espera como respuesta. La investigación busca establecer algunos elementos que permitan inferir qué aproximación conduce a mejores resultados académicos en los estudiantes y qué dificultades se encuentran alrededor de la temática tratada. Como se ha mencionado, el tema está basado en el MAS, y la situación por considerar, puede explorarse a través de dos caminos que los estudiantes deben transitar, y pueden ser: uno a través de una ecuación que se les presenta y, de ahí, el estudiante debe obtener algunas otras variables y graficar dicha ecuación; por otra parte, el segundo camino corresponde a lo contrario, es decir, se presenta una figura y el estudiante, a partir de dicha figura, debe deducir el valor de algunas variables y escribir la ecuación que obedece a la figura. Estos caminos son planteados al azar; es decir, en el momento de la evaluación, se presentan dos test con caminos distintos, y los estudiantes no saben qué examen les corresponde, por tanto, tampoco qué camino les espera.

### 5.2. Muestra

El número de estudiantes que participaron en estos cursos fue de 238, repartidos así: en el semestre 2013-30, 118 estudiantes, distribuidos en 5 grupos; y en el semestre 2014-10 fueron 120, en 5 grupos, de 3º y 4º semestres de todas las ingenierías (Civil, Eléctrica, Electrónica, Sistemas, Mecánica e Industrial), como es el caso de esta asignatura del ciclo básico en todos los programas (tabla 1).

**Tabla 1. Distribución de estudiantes por grupo y por programa de estudio**

	2013-30	2014-10
Ing. Industrial	36	35
Ing. Civil	25	36
Ing. Eléctrica	9	6
Ing. Electrónica	24	2
Ing. Sistema	7	11
Ing. Mecánica	17	30
Hombres	80	86
Mujeres	38	34
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>120</b>

En la tabla 2, presentamos el resumen de otros aspectos demográficos de los estudiantes que participaron en este proceso en los dos semestres.

**Tabla 2. Resumen de características demográficas de los estudiantes**

	Procedencia		Colegios		Beca	Promedio de carrera			
	B/quilla	Otro	Cal A	Cal B		< 3.59	3.6-4	4.01-4.5	>4.51
2013-30	63 %	38 %	88 %	12 %	16 %	62 %	25 %	10 %	4 %
2014-10	61 %	39 %	95 %	5 %	17 %	30 %	54 %	14 %	1 %

Las edades de los estudiantes están comprendidas entre 16 y 22 años, con una frecuencia bastante alta para estudiantes de 18 años (figura 2).

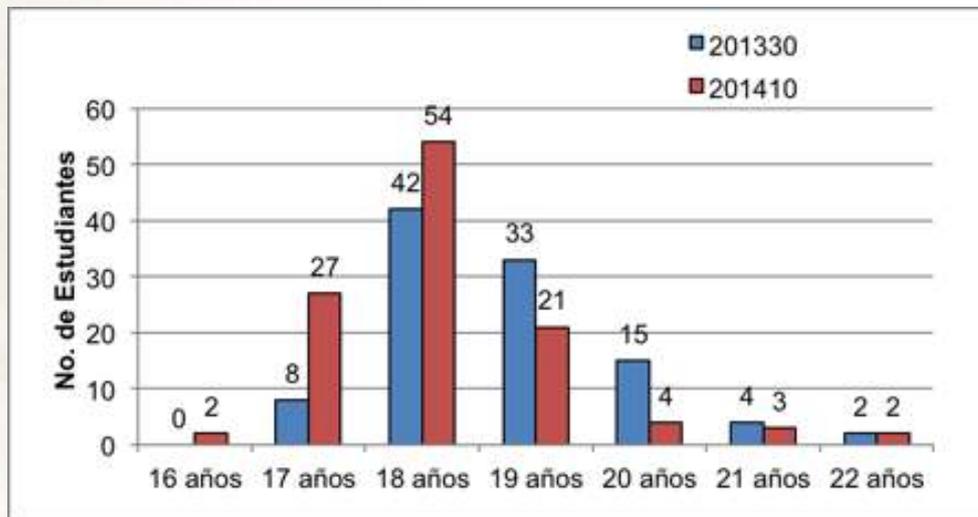


Figura 2. Distribución de estudiantes por edad

Los estudiantes firmaron un consentimiento informado donde se les explica lo que se va a hacer en la investigación de aula, y expresan su aceptación por el manejo de la información involucrada en la investigación que se viene realizando.

### 5.3. Instrumentos

La situación estudiada fue presentada como un ejercicio en el primer examen parcial de los dos semestres de referencia, donde en cada grupo magistral se realizaron dos exámenes diferenciados por filas A y B. Estos exámenes fueron asignados por filas, en las que los estudiantes escogieron sus sitios sin saber qué fila le tocaría; por tanto, debían estar preparados para cualquiera de las dos situaciones por considerar. En uno de los exámenes, se planteaba la aproximación matemática, mientras que el otro examen cubría la aproximación figura. La evaluación de esta parte consistía en revisar en el examen, realizado por cada estudiante, si había intentado resolver el ejercicio y cómo había sido el resultado de dos variables específicas, es decir, bueno o malo. En este sentido, se puede mencionar que los datos se recolectaron en el aula de clase, por medio de evaluaciones escritas, después de transcurrido más de un mes de clases.

A lo largo del semestre, se recolectaron diferentes tipos de información, como otras calificaciones, que fueron tomadas en las clases con los clickers, videos realizados por los estudiantes, y a través de la web con los quices virtuales.

Es importante anotar que, dentro de las ventajas en este nuevo esquema, se encuentra la evaluación y retroalimentación, con mayor frecuencia, de los temas tratados; asimismo, una mayor interacción aprendiz-profesor, a la vez que se afianza la motivación en las clases de física, al introducir los temas con experimentos magistrales y, en algunas ocasiones, con videos realizados por los mismos estudiantes.

Al final del corte, por lo general, se realiza un examen parcial que cubre la temática tratada en dos capítulos. El curso cuenta con dos horas semanales de clases adicionales a la clase magistral. En estas clases adicionales, que se desarrollan en el laboratorio, los estudiantes se distribuyen en grupos de 24. En ellas se alternan experimentos con talleres de ejercicios en grupo, de unos cuatro estudiantes regularmente. Estos grupos permanecen fijos buena parte del semestre.

#### 5.4. Paso a paso de la investigación de aula

La investigación de aula está orientada a explorar la percepción de los estudiantes sobre las actividades que acompañan la práctica docente y sus efectos en los resultados de las calificaciones. También se busca ahondar en la contribución al conocimiento de unas buenas prácticas y hábitos de estudios, que favorezcan un aprendizaje activo y duradero.

Además, se explora la investigación en el contexto de la temática específica del curso, sobre aspectos asociados con las variables involucradas en el movimiento armónico simple, y si la aproximación matemática contribuye mejor en los resultados de los estudiantes, comparada con la aproximación figura.



#### Fases

Al organizar el curso, se planeó continuar con los elementos introducidos en el año anterior, cuyos resultados habían sido buenos, e ir introduciendo otros aspectos en el campo investigativo. Para lo segundo, se comenzó por plantear una pregunta problema, que involucrara la temática del curso, y cuya connotación fuera representativa de lo que se desarrolla a lo largo de la materia.

Se realizaron las primeras recolecciones de datos en el primer semestre de esta propuesta, y se fueron mejorando para el segundo semestre. Los aspectos pedagógicos básicos que regían el curso se mantuvieron respecto de los experimentos magistrales, sesiones de clickers, pero los videos realizados por los estudiantes.

Para el segundo semestre de la propuesta, se introdujeron quices virtuales, para los fines de semana, con la intención de que los estudiantes continuaran estudiando y evaluando su proceso de aprendizaje.

Respecto de la investigación de aula, se puede mencionar el ensayo que se hizo para el primer parcial en el periodo 2013-30, al incluir una misma pregunta asociada a conceptos básicos del MAS, desde dos enfoques: uno matemático y otro gráfico, a fin de observar diferencias en las respuestas obtenidas en las pruebas hechas por los aprendices. Esta misma pregunta se presentó en el semestre siguiente.

En general, los elementos involucrados con la investigación de aula los podemos resumir en la tabla 3.

**Tabla 3. Elementos de la investigación de aula**

Variables	Técnica utilizada	Instrumentos aplicados
Nivel de satisfacción de los estudiantes	Encuesta a estudiantes	Diagnóstico rápido de curso
Recomendación del uso de <i>clickers</i>	Encuesta a estudiantes	Preguntas en clase
Opinión sobre la realización de test conceptuales	Encuesta a estudiantes	Preguntas en clase
Porcentaje de aprobación por cortes	Datos de calificaciones	Calificaciones
VARIABLES DEL MAS	Preguntas en exámenes	Exámenes

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Durante este año de ejecución de la propuesta de Cambio Magistral 2, periodos 2013-30 y 2014-10, se registraron diversas actividades, cuyos resultados se presentan en dos partes, similar a como fue descrito en los antecedentes; además, se tiene lo correspondiente a la investigación de aula.

En esta primera parte, se mostrarán los aspectos relacionados con las opiniones de los estudiantes acerca de los elementos pedagógicos introducidos y el impacto en su proceso de aprendizaje que consideren relevante. Se comenzará por describir un elemento introducido a principios del cuarto mes, de cada semestre. Este consiste en una encuesta aplicada durante una clase, en la que se muestran las preguntas y los estudiantes intercambian sus *clickers* para responder, de modo que puedan expresar su opinión sin que exista asociación de los resultados con nombres específicos, lo cual le da a la prueba un carácter anónimo y personal.

Las preguntas de la encuesta están orientadas a conocer la opinión de cada estudiante sobre varios de los elementos introducidos en las clases magistrales, como *clickers*, test conceptuales y metodología de estudio. En este sentido, al consultárseles si sería recomendable el uso de los *clickers* en la clase (figura 3), los estudiantes consideran que sí o sí con algunos ajustes en 95 % para ambos grupos consultados. Esto evidencia las ventajas en la participación de los estudiantes en las clases.

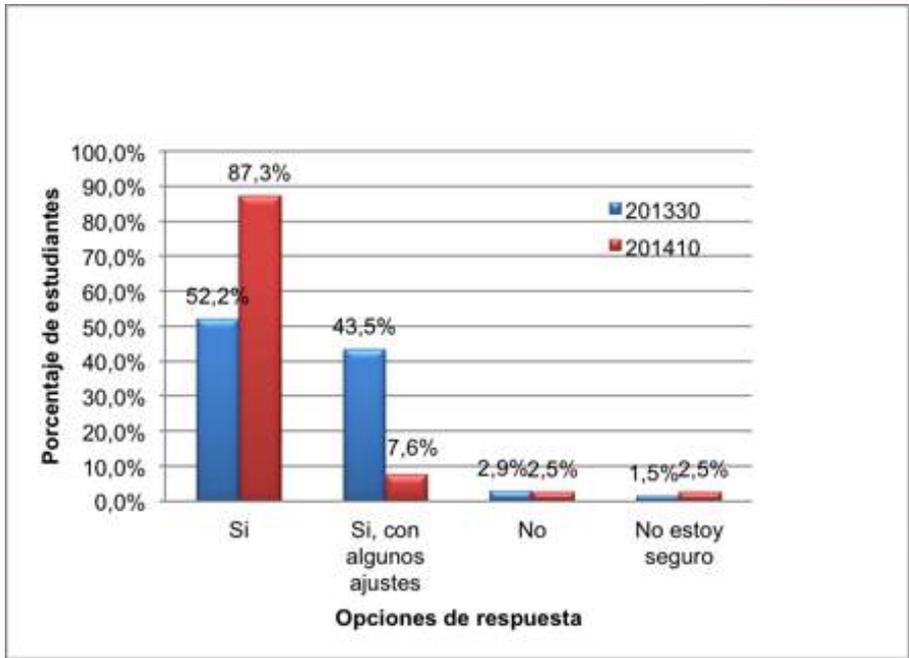


Figura 3. Consulta de opinión sobre el uso de clickers en clases

Al consultárseles lo mismo sobre la realización de los test conceptuales (figura 4), 83 % (para el grupo 2013-30) y 75 % (para el grupo 2014-10) de los estudiantes opina que serían recomendables o recomendables con algunos cambios. Esto muestra la favorabilidad de la realización de estas pruebas.

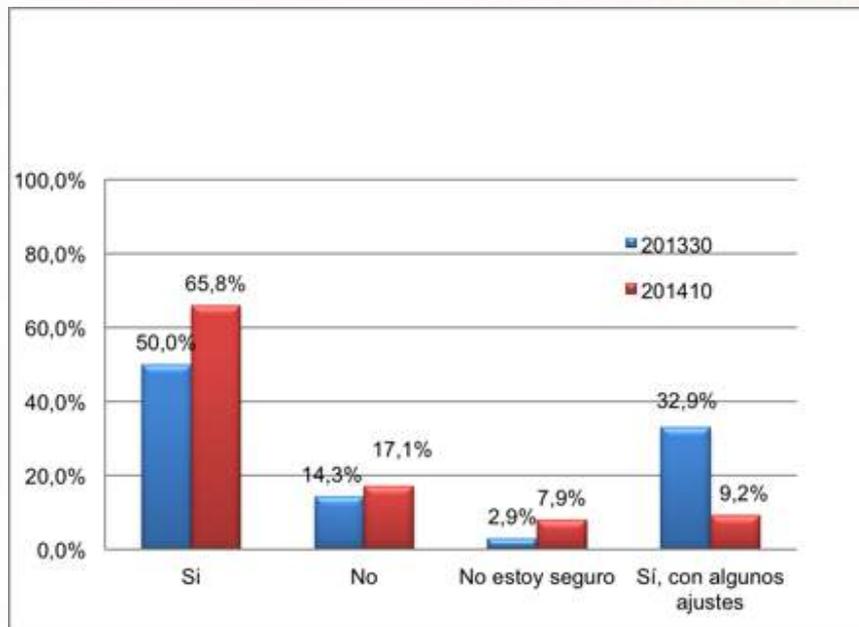


Figura 4. Consulta de opinión sobre el uso de test conceptuales

Respecto de los cambios metodológicos implementados en el curso, se puede mencionar que a los estudiantes se les consultó si han tenido influencia, específicamente mejoras, en su forma de estudio los elementos innovadores involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje (figura 5). Los resultados muestran que poco más de 50 %, en ambos semestres, asegura que ha mejorado su forma de estudio; alrededor de 20 % señala que no están seguros de si ha habido mejoras o no, y un muy bajo porcentaje, menor a 10 %, indica que ha empeorado. Es importante mencionar que aún existen estudiantes que prefieren el rol pasivo de las clases tradicionales que aventurarse con otras formas de aprendizaje.

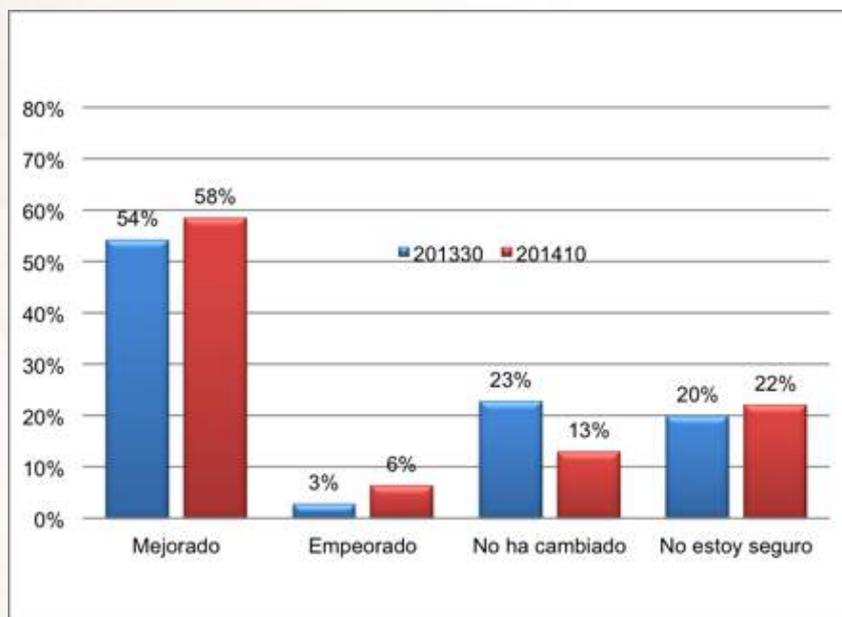


Figura 5. Consulta de opinión sobre efectos en la metodología de estudio

Respecto de la utilización de los clickers y la realización de los pretest conceptuales, más de la mitad aprueba continuar haciéndolos. Incluso si se hacen algunos ajustes (como mejorar la redacción en algunas preguntas, conceder más tiempo para sus respuestas, etc.), ese porcentaje aumenta en todos los casos por encima de 80 %. De ello se puede interpretar que los clickers y los pretest son elementos de participación e interacción importantes en las clases magistrales, además de motivadores. Esta afirmación se confirma con la siguiente pregunta, donde se indaga sobre los efectos en la manera de estudiar, y se encontró que más de 50 % considera que ha mejorado ese proceso. Por otra parte, esta misma pregunta muestra cierta tendencia de los estudiantes a preparar el material de la clase antes de asistir a ella, lo cual se ve reflejado en el alto número de estudiantes que realizan resúmenes (aunque aquí no se indica cuántos) sobre lo leído por ellos. Sin embargo, aún persiste un cierto número de estudiantes que dejan los resúmenes y sus estudios para el último momento o cerca de la fecha del examen parcial, lo cual se refleja en notas no aprobatorias del primer corte en particular.

En general, son pocos estudiantes los que opinan que esta metodología no les es favorable. Esto es entendible, si se mira que para algunos estudiantes es más fácil copiar del tablero lo que escribe el profesor que dedicar tiempo a lecturas previas y a la realización de resúmenes.

Otro elemento utilizado para conocer la opinión de los estudiantes fue unas pruebas que se le solicitó al Centro para la Excelencia Docente, para medir el nivel de satisfacción de los estudiantes respecto de los procesos de aprendizaje. La prueba aplicada es conocida como QCD (*quick course diagnosis*), o diagnóstico de curso rápido. La valoración va desde un nivel 1, que representa el nivel más bajo, hasta 5, que representa el nivel más alto de satisfacción. Los resultados para los periodos 2013-30 y 2014-10 se presentan en la figura 14.

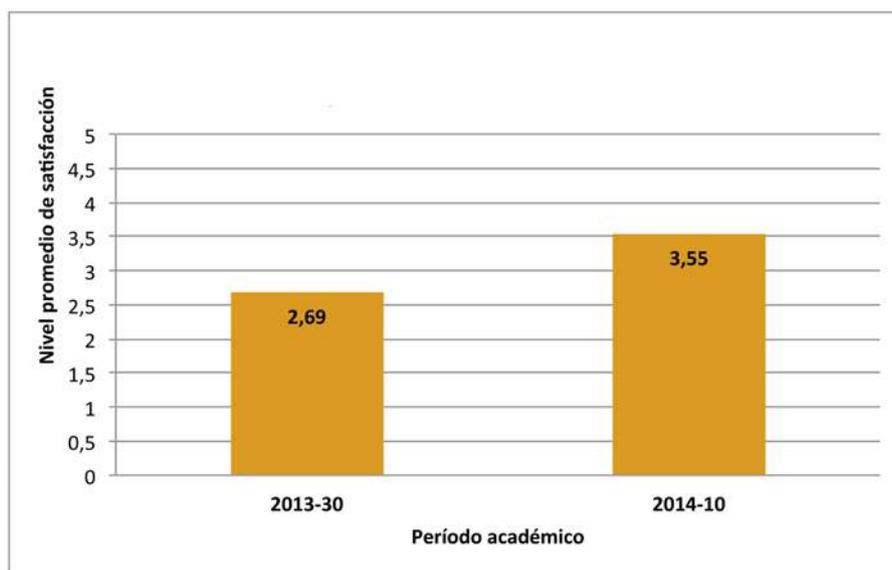


Figura 14. Resultados de nivel de satisfacción de los estudiantes

Estas pruebas fueron realizadas antes de completar el segundo mes del semestre, después de haber realizado el primer examen parcial, cuando ya se tenían las calificaciones del primer corte; y los porcentajes de aprobación de dicha prueba, en general, son bastante bajos en comparación con el resto de cortes. En estas figuras, se distingue que el nivel de satisfacción es regular hacia arriba, como lo muestra la figura 14 para el 2013-30, donde casi la mitad del estudiantado considera que su nivel de satisfacción es regular, y el porcentaje de estudiantes que se considera un poco más satisfecho es bajo. Sin embargo, para el grupo 2014-10, se observa un desplazamiento hacia un mayor nivel de satisfacción, y 40 % se ubica en un nivel de 4 y 17 % en 5; sumado lo anterior, podemos pensar que la mayoría del curso tiene un alto nivel de satisfacción. Esto también puede explicarse como parte del mejoramiento continuo de los procesos del curso en general.

Cuando a los estudiantes se les pide que expresen comentarios que describan su grado de satisfacción, comentan la alta incidencia que tiene la utilización de las tecnologías (como los clickers o los exámenes virtuales); también apuntan a la mayor interacción estudiante-profesor en el salón de clases. Hacia el otro extremo, encontramos opiniones que señalan que el poco tiempo, para realizar problemas o ejercicios en el tablero, incide negativamente en la satisfacción del proceso.

Como se ha venido destacando, uno de los elementos innovadores del curso son los clickers, ya que este dispositivo permite una participación activa de los estudiantes durante las clases, y sirve también como monitoreo de los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

En nuestro caso, se han tomado siete sesiones, coincidentes en las temáticas para cada periodo y se ha realizado un promedio de sesión teniendo en cuenta solo las respuestas correctas de cada pregunta por sesión, así se obtienen los promedios por sesión que se muestran.

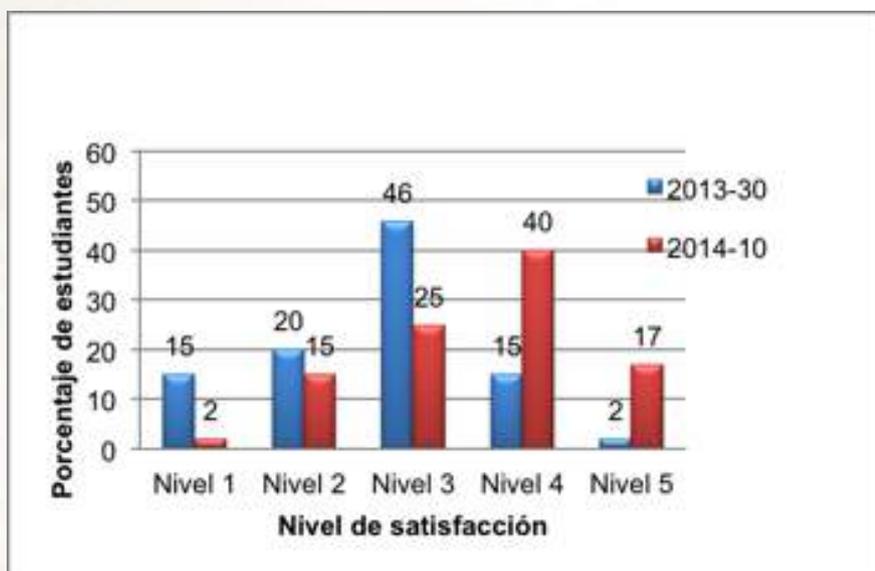


Figura 6. Resultados por sesión de clickers

Sobre las sesiones de los *clickers* y sus promedios (figura 6), se puede ver que existe un comportamiento muy similar en las mismas sesiones durante los dos semestres en consideración. Salvo variaciones en los promedios de los estudiantes al comparar las mismas sesiones, el comportamiento global es coincidente. Se destaca la primera sesión que se encuentra por debajo de 50 % en ambos semestres, y luego sube hasta un máximo (77-79 %), en lo que aparece como sesión 5, para luego decrecer; sin embargo, esta disminución no alcanza a estar por debajo de 50 %.

En la figura 7 (ver página siguiente) se aprecia el comportamiento de los resultados de los estudiantes que aprobaron u obtuvieron calificaciones por encima de 3.0/5.0 en cada uno de los cuatro cortes del semestre durante los dos periodos de esta propuesta. En cada corte, los elementos involucrados en las calificaciones del curso son estos: 1) el pretest, 2) sesiones de clickers, 3) resúmenes escritos, 4) quices virtuales, 5) talleres grupales, 6) informes de laboratorios grupales y 7) el examen parcial. Las ponderaciones de cada uno varían de acuerdo con unas directrices establecidas al inicio de semestre, y el de mayor peso, en cada corte, es el examen parcial.

Respecto de las calificaciones obtenidas por los estudiantes, y en particular cuando observamos cada uno de los cortes que componen las notas, encontramos un incremento en el porcentaje de estudiantes que aprueban los cortes (con notas iguales o superiores a 3.0/5.0) a medida que avanza el semestre.

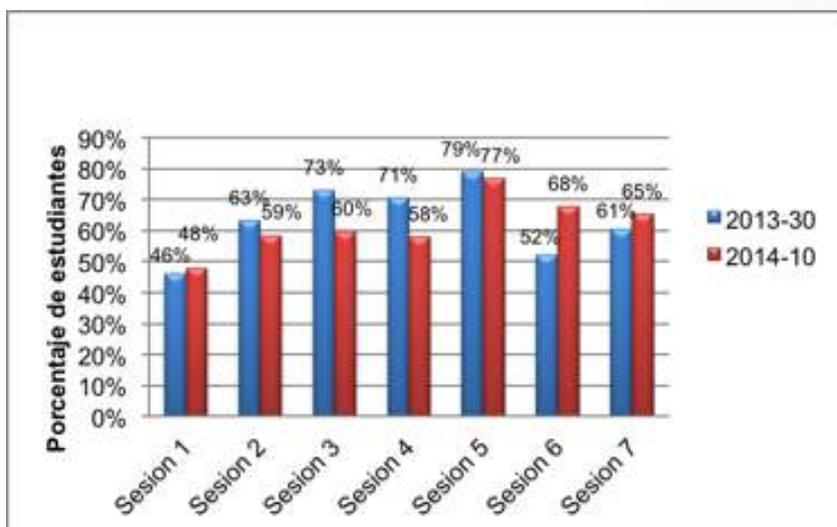


Figura 7. Resultados académicos de los estudiantes por corte

Para el grupo 2013-30, se observa que el primer corte tiene un porcentaje de notas aprobadas, similar a los dos semestres anteriores, de 40 % (ver antecedentes). Luego, se presenta un aumento hasta de 55 % en el segundo corte, aunque ligeramente por debajo de los históricos, y sigue con un repunte por encima de 70 %, que es mayor que los anteriores, tanto en el tercer corte como en el cuarto.

Para el primer corte del grupo 2014-10, se percibe una disminución del porcentaje de aprobación, comparado con los tres semestres anteriores; pero luego, para el segundo corte, hay un aumento y llega a 65 %, para mantener casi constante este valor en los siguientes cortes. Es decir que, a partir del segundo corte, comienza a ser regular el porcentaje de estudiantes que aprueban cada corte.

En ambos grupos se obtiene, al final, un promedio igual a 58 % de estudiantes que aprueba el curso, independiente de las variaciones en los cortes. Sin embargo, al compararlo con los valores obtenidos cuando las clases se realizaban de manera tradicional, se mantiene la mejoría, debido a las innovaciones introducidas a esta clase magistral.

Además, es pertinente mencionar que durante estos dos semestres, 2013-30 y 2014-10, los estudiantes han estado realizando, fuera del aula, videos de experimentos sobre aplicaciones de temas de clase. Los estudiantes del grupo 2014-10 llevaron a cabo 16 videos, mientras que los del 2013-30 presentaron 25 videos durante el semestre. Un hecho particular que pudo influir en la motivación extra de los estudiantes de este periodo fue una feria de física, llamada Expofísica 2013, en la que al menos 50 % de los estudiantes estuvo involucrado en el montaje y la organización. Todos los videos fueron hechos por estudiantes, y varios de ellos han sido cargados en el blog institucional del docente (<http://www.uninorte.edu.co/web/trada/entrada-blog>).

## 7. INVESTIGACIÓN DE AULA

La investigación de aula se centra en analizar los resultados de los estudiantes cuando se plantean situaciones relacionadas con el MAS desde dos perspectivas. Una consiste en presentarles el enunciado de una situación con valores numéricos definidos (llamaremos a esta perspectiva la aproximación matemática) y se les interroga por otras variables asociadas a dicha temática. En la

segunda mirada, se les presenta una figura con valores asignados y se les indaga sobre otras variables (esta perspectiva la llamaremos aproximación figura). En ambas situaciones, los estudiantes deben extraer la información que se les brinda, ya sea en el enunciado, ya sea en la figura, y a partir de ahí deben calcular otras variables relacionadas. Estas preguntas hacen parte del examen parcial, y se presentan en dos tipos de examen, Fila A y Fila B, de manera que cada estudiante tendrá que responder el problema desde la aproximación matemática o desde la perspectiva figura, según sea su fila. Los exámenes son alternados, y los estudiantes han escogido su lugar en el salón; por tanto, ni profesor ni estudiante sabe a priori qué pregunta tendrá, lo cual hace esta práctica algo aleatoria.

A continuación, reseñamos las preguntas formuladas durante el periodo 2014-10 y los resultados obtenidos por parte de los estudiantes.

Imagine un objeto de 10 kg de masa unida a un resorte que se mueve sobre el eje X con MAS. Inicialmente (en  $t = 0$ ) está localizado a una distancia de  $-4$  cm del origen  $X = 0$ , tiene una velocidad de  $-15$  cm/s y una aceleración de  $+36$  cm/s<sup>2</sup>. Determine:

- La amplitud.
- El ángulo de fase.

Los estudiantes deben extraer la información que brinda el enunciado y, a partir de ahí, deberán aplicar unas fórmulas vistas en clase, realizar los cálculos matemáticos para determinar, en este caso, primero la variable amplitud, y calcular la otra variable, que es el ángulo de fase, (figura 8). Es importante aclarar que para determinar la segunda variable no es necesario conocer el valor de la primera, es decir, las preguntas no son dependientes la una de la otra.

En la situación planteada de perspectiva matemática a los estudiantes, se observa que 67 % de estos intentan determinar la primera variable (amplitud), pero solo poco menos de la mitad lo logra de manera correcta. Para la segunda variable, el porcentaje de intento es similar a la primera variable, y los que logran obtener correctamente su valor es ligeramente mayor de la mitad de los que lo intentan, y lo alcanza solo 36 % de los estudiantes.

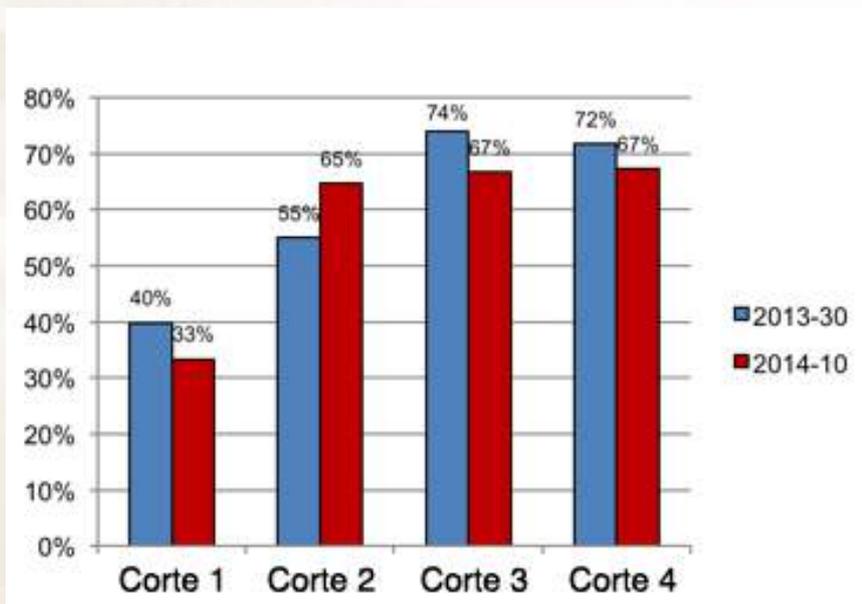


Figura 8. Pregunta formulada a 61 estudiantes con los resultados obtenidos

De acuerdo con los resultados obtenidos, encontramos que dos tercios de la población intenta obtener el valor calculado de una variable solicitada (amplitud), sin embargo, solo lo logra un tercio de ellos. Lo mismo ocurre con la otra variable, que es el ángulo de fase. Es decir, las proporciones son bastante similares.

En el segunda situación, se presenta a los estudiantes una figura con valores (figura 9) y se les pide determinar dos variables: la rapidez angular, y el ángulo de fase. Para ello, así como en el caso anterior, los estudiantes deberán extraer información de la figura, aplicar algunas fórmulas, realizar unos cálculos y obtener las respuestas solicitadas. En este caso, para poder obtener el valor de la segunda variable, se necesita el valor de la primera.

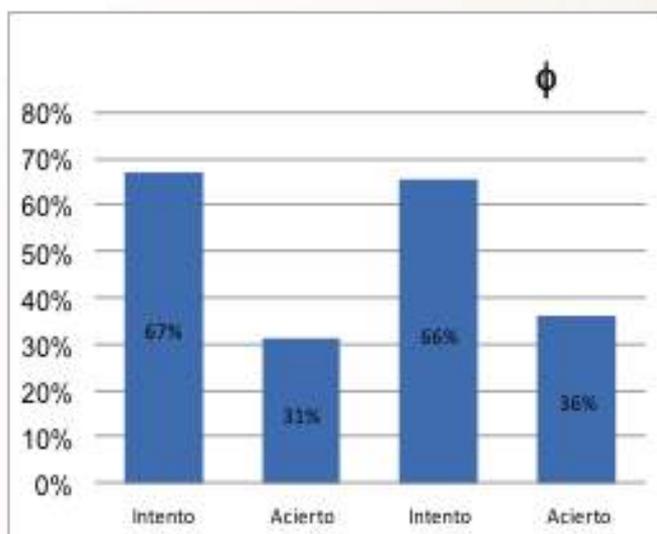


Figura 9. Pregunta formulada a 58 estudiantes con los resultados obtenidos

Usted tiene la siguiente figura. Determine: 1) la rapidez angular y 2) el ángulo de fase.

Los diagramas de barra muestran el porcentaje de estudiantes que intentó realizar el ejercicio y el de los que lograron realizarlo satisfactoriamente en ambas situaciones.

Para este grupo de estudiantes, que se les plantea la perspectiva gráfica del MAS, encontramos que, para determinar la primera parte, también lo intenta 67 %, y los que obtienen el valor correcto es de 31 %, que corresponde a una tercera parte de los que lo intentaron. Sin embargo, para la segunda variable baja ligeramente (a 60 %) el número de estudiantes que lo intentan, y solo la tercera parte de ellos, 19 %, logra determinar el valor correcto de la variable solicitada, . Esto plantea una situación compleja a la hora de escoger alguna aproximación en particular. Porque en la aproximación matemática hay un mayor número de estudiantes que logran obtener el ángulo de fase; en la aproximación gráfica es mayor el número de estudiantes que logran obtener la primera variable solicitada.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con lo presentado en los resultados y en el análisis de estos, podemos concluir sobre varios aspectos del proceso.

La interacción de los estudiantes durante las clases, a través de los clickers, es altamente valorada por ellos, según lo señalan los porcentajes de aprobados. El uso de este dispositivo imprime un sello de actualización a los procesos y cierta dinámica a las clases; además, genera un buen ambiente durante su utilización, ayuda a los estudiantes a estar monitoreando continuamente su proceso y contribuye favorablemente a las calificaciones, ya que el porcentaje de aprobación supera 60 % después de la primera sesión. Favorece asimismo la interacción entre estudiantes cuando, para algunas preguntas, se les permite que consulten y discutan con sus compañeros antes de responder.

Los test conceptuales también representan un aporte positivo, pues, en opinión de la mayoría, lo recomiendan para ser utilizados en el semestre siguiente, además de que involucra una preparación previa de los temas de las clases por desarrollar y contribuye a fomentar buenos hábitos de estudio.

Las calificaciones de los estudiantes mantienen el comportamiento de los semestres anteriores en cuanto a los aumentos en los porcentajes de estudiantes que aprueban los cortes, así como en el menor porcentaje de estudiantes que aprueban el primer corte. Es decir, se mantiene una inercia al comienzo del semestre, donde se combina entrar con una metodología distinta para un curso de física, al ser magistral, y la poca preparación de los temas, ya que continúan en porcentajes de aprobados por debajo de 50 %. Sin embargo, a partir de ahí, comienza la mejoría de los grupos y el alza en los porcentajes de aprobación.

Otro aspecto relevante, que influyó en la opinión favorable que los estudiantes tienen hacia estos elementos innovadores, fue el momento en que se realizaron las preguntas, que es casi al final del semestre, cuando ellos ya han tomado una mayor conciencia de su rol dentro de este proceso, y sus calificaciones son mejores conforme avanza el tiempo.

Respecto de la investigación de aula, se puede mencionar, como una primera conclusión importante, que ha existido un proceso de aprendizaje por parte del docente en este campo, lo cual estimula la labor investigativa en el ramo de la docencia.

Los resultados preliminares obtenidos en cuanto a la investigación de aula para una situación del MAS que puede ser enfocada a través de dos miradas nos permiten afirmar que ambas situaciones son válidas, en el sentido de que ninguna muestra una tendencia fácil o complicada con respecto a la otra, desde el punto de vista estadístico. Eso quiere decir que las situaciones son equivalentes y que puede presentarse una u otra en las pruebas escritas, sin que exista un favorecimiento expreso hacia algún sector del estudiantado.

En el caso específico de las variables involucradas, se ha encontrado que 67 % intenta en ambas situaciones obtener respuesta, pero solo alrededor de la mitad de esos estudiantes lo consiguen; ello implica que hay que seguir reforzando los procesos educativos para aumentar ambos porcentajes. En cuanto a la obtención de una variable específica, que es el ángulo de fase, encontramos que esta variable se hace un poco más difícil de obtener si depende del valor de la primera varia-

ble. Como docente del área, debo reconocer que determinar el ángulo de fase del MAS implica un estado de análisis un poco más elevado que el de solo reemplazar los datos en una fórmula específica. Por tanto, esos resultados son consecuentes con los procesos de aprendizaje de los estudiantes, y eso habrá que estimularlo más en el futuro.

Es importante mencionar que estos dos enfoques se complementan entre sí, en la formación que todo estudiante de ingeniería debe tener durante la realización de un curso básico como lo es el de física.

Con proyectos específicos en grupo, con el fin de mostrar a un público más amplio algunas experiencias de aplicaciones de la física en la vida real o de explicar fenómenos físicos, los estudiantes parecen sentir una motivación extra y un enorme entusiasmo. Desafortunadamente, este tipo de macroactividades tienen costos económicos y desgastes de personal adicionales, que impiden poder realizarlas con mayor frecuencia.



## RECOMENDACIONES

- Después de la implementación de esta propuesta y la experiencia obtenida durante su desarrollo, quedan varios aspectos para la reflexión. Comenzando con lo fácil, en la implementación de la propuesta, se puede creer que es el entusiasmo inicial para realizar cambios profundos en la forma como se planeaban las clases, las innovaciones y cómo llevarlas a cabo. En contraste, una de las cosas más difíciles fue comenzar a hacerlas, por la cantidad de cambios de paradigmas que implicaba tanto para el docente como para los estudiantes. Además, hay cosas que se planean en una oficina y, cuando se llega a la clase, se encuentra con algunos escenarios que no se esperaban, y toca cambiar un poco el libreto. Lo bueno es que se tenía una idea clara inicial y podía ajustarse en la marcha. A esto hay que sumarle la dificultad de

mantener la motivación durante todas las clases y de reforzar los aspectos pedagógicos innovadores que se planteaban.

- Varias cosas causaron sorpresa durante el desarrollo de esta experiencia: una fue la respuesta positiva de una buena parte de los estudiantes al sentirse más partícipes de las clases, para ser un curso grande; otro aspecto fue el repunte de los porcentajes de estudiantes que aprobaban comparados con semestres anteriores.
- Es importante, como docente, mantener siempre un buen espíritu y la convicción de lo que se hace, porque inicialmente involucra una enorme carga modificar nuestros hábitos y prácticas docentes, lo cual demanda bastante tiempo. Sin embargo, se encuentran respuestas positivas de muchos estudiantes, y eso anima a seguir por esa senda.
- Sobre la investigación de aula, se puede decir que es un gran paso a un mundo muy poco conocido por muchos docentes, ya que, por lo general (y, en lo personal, estoy de acuerdo con ello) a los docentes se les contrata por su conocimiento en el área del saber asociado con su asignatura y no por su “saber” pedagógico. Pero se debe tener cierta vocación para interactuar con los estudiantes y hacer las clases mejores en todos los aspectos. Y ahí está la clave para la investigación, que es tratar de conocer mejor cómo son los procesos cognitivos de los estudiantes, para orientar los procesos pedagógicos en consonancia con aquellos.

## IMPLICACIONES

Como implicaciones que pueda tener lo realizado con este grupo, y que pueda además servir a otros colegas, se halla la posibilidad de generar espacios de participación activa con los estudiantes, efectuar evaluaciones frecuentes y retroalimentaciones inmediatas usando clickers, por ejemplo. Esto contribuye favorablemente en la dinámica y en el ambiente de las clases. Tales aspectos repercuten positivamente en las calificaciones globales de los estudiantes y mantienen un ritmo constante de lectura y atención en las clases.

Es importante tener acompañamiento y orientación durante el proceso, para no frustrarse con el trabajo y con las estadísticas que se puedan generar del curso. Pero este tipo de documentos sirven de orientación inicial y pueden llegar a generar comunidades de colegas que compartan las mismas inquietudes y así contribuir en la mejora de los procesos educativos en la región, al menos.

Con todo lo anterior, es necesario reiterar el beneficio de que la institución, en cabeza del Centro para la Excelencia Docente, siga liderando y acompañando estos procesos; pero además que sirva para visibilizar estas experiencias a fin de que sean seguidas por otros colegas, no solo en su interior, sino que trasciendan los linderos de la Universidad del Norte.

## REFERENCIAS

- Bishop-Clark, C. y Dietz-Uhler, B. (2012). *Engaging in the scholarship of teaching and learning: A guide to the process, and how to develop a project from start to finish*. Sterling, VA: Stylus.
- Bonwell, C. C., y Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Fink, L. D. (2003). *Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Johnson, D. W. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Lewin, W. H. (2004). Open course ware. *Lecture 1: Periodic Oscillations, Physical Pendulum*.
- Mazur, E. (1996). *Peer instruction: A user's manual*. New Jersey: Prentice Hall.
- Mills, B. (2003). A versatile interactive focus group protocol for qualitative assessments. In C. M. Wehlburg y S. Chadwick-Blossey (eds.), *To improve the academy: Resources for faculty, instructional, and organizational development* (vol 22., pp. 125-141). Bolton, MA: Anker Publishing.
- Rada, T., González, R., Lobo, R. y Miranda, J. C. (2014). Experimentos magistrales en el aula de física. En A. de Castro y A. Martínez (eds.), *Innovar para educar: prácticas universitarias exitosas* (t. 4, pp. 158-175). Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Rada, T. (2015). La interacción estudiante-profesor en un curso numeroso de física. En A. de Castro y A. Martínez (eds.), *Transformar para educar: Cambio Magistral 1* (pp. 135-155). Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Young, H. D. y Freedman, R. A. (2009). *Física universitaria (Sears-Zemansky)* (vol. 1, 12.<sup>a</sup> ed.). México: Pearson Educación.

## CAPÍTULO 3

# CONEXIÓN ENTRE LOS CONCEPTOS FÍSICOS Y EL MUNDO REAL A TRAVÉS DE VIDEOS CASEROS

**Álvaro González García**

Docente investigador del Departamento  
de Física y Geología de la Universidad del Norte.

[alvarogonzalez@uninorte.edu.co](mailto:alvarogonzalez@uninorte.edu.co)

**Juan Carlos Miranda Crespo**

Docente investigador del Departamento  
de Física y Geología de la Universidad del Norte.

[jmiranda@uninorte.edu.co](mailto:jmiranda@uninorte.edu.co)

## RESUMEN EJECUTIVO

En esta investigación se utilizó un diseño cuasiexperimental aplicado a dos grupos, experimental y control, en la asignatura de Física Calor Ondas, del tercer semestre del programa de ingenierías de la Universidad del Norte. El estudio buscaba determinar si la grabación, el análisis y las explicación de situaciones físicas cotidianas, asociadas con los temas estudiados en clase, aumentaba en los estudiantes tanto el interés personal hacia la física como la conexión entre ella y el mundo real.

El estudio se realizó en dos etapas: una piloto (2013-30) y la etapa propia de implementación (2014-10). En la etapa piloto, el grupo experimental lo conformaron 2 cursos: 22 y 23 estudiantes (N=45); mientras que el grupo de control, 2 cursos de 23 y 24 aprendices (N=47). Por otro lado, en la etapa de implementación, se aplicó el estudio a un curso magistral de 110 estudiantes, el cual se dividió en dos grupos: el experimental (N=66) y el de control (N=44). En ambas etapas, los estudiantes del grupo experimental realizaron durante las 5 primeras semanas los videos caseros, mientras que el de control realizaba sus clases magistralmente.

Para evaluar los resultados de nuestra propuesta, en la etapa piloto se aplicó una entrevista para determinar la variación en los niveles de interés personal y de conexión con el mundo real; posteriormente, se realizó una evaluación en ambos grupos para comparar su rendimiento académico. En la etapa de implementación, se aplicó una encuesta para estudiar el cambio en los niveles de los dos grupos, con respecto al interés personal y su conexión con el mundo real, de acuerdo con los lineamientos propuestos por el instrumento CLASS de Perkins et al. (2006). Posteriormente, sexta semana, se realizaron entrevistas a 30 estudiantes escogidos de los dos grupos al azar.

Los resultados estadísticos y el análisis cualitativo en la etapa piloto confirmaron un mejor rendimiento académico para los estudiantes del grupo experimental, en comparación con los estudiantes del grupo de control. Asimismo, las entrevistas realizadas registraron un aumento en el nivel de interés de los estudiantes y una mayor conexión de la física con el mundo real. Por otro lado, para la etapa de implementación, los resultados obtenidos, tanto con CLASS y las entrevistas, muestran que la grabación y el análisis de los videos caseros incrementaron en los estudiantes los niveles de conexión con el mundo real y su interés personal por la física.

En conclusión, la realización de videos fue una herramienta que le permitió al estudiante no solo motivarse para el estudio de la física, sino además hacer una conexión entre la teoría estudiada en clase y los fenómenos que suceden en la vida cotidiana.



## INTRODUCCIÓN

La conexión con el mundo real que realicen los estudiantes de ingeniería entre los conceptos físicos sobre los temas de hidrostática y de hidrodinámica, al igual que el incremento de su interés personal hacia el estudio de la asignatura, son dos de las competencias más relevantes que los profesores de física quieren desarrollar en sus clases. Principalmente, si se trata de un curso magistral de 120 estudiantes, donde se ha comprobado que el elevado número de ellos limita tanto la aplicación del conocimiento, como el interés de los aprendices hacia el estudio de la asignatura. La búsqueda de una estrategia eficaz, que nos llevara a vencer estos limitantes, nos motivó a crear esta propuesta.

Sus objetivos son incrementar la conexión con el mundo real y el interés personal en los estudiantes de ingeniería de la Universidad del Norte, mediante la grabación, la edición y el análisis de videos cortos caseros, realizados por ellos mismos acerca de fenómenos observados en su vida diaria.

En este capítulo, se presentan los aspectos más relevantes de nuestra investigación en seis componentes principales. En primer lugar, se resaltan los antecedentes que llevaron a realizar esta propuesta. En segundo lugar, se detalla la propuesta aplicada. A continuación, se fundamenta la teoría que sustenta la propuesta. Luego, se enuncian los objetivos y se describe el diseño de la investigación desarrollada en el aula. Posteriormente, se muestran los resultados de la investigación con sus respectivos análisis y reflexiones. Y, por último, se resumen las conclusiones más trascendentales obtenidas en este estudio y se realizan algunas recomendaciones.

## 1. ANTECEDENTES

El desarrollo de actividades pedagógicas dentro de las clases magistrales representa un gran reto para los docentes que trabajamos asignaturas con este modelo. Entre otros muchos factores que dificultan al docente en el proceso enseñanza-aprendizaje en el modelo de clases magistrales, encontramos:

- El manejo de un alto número de estudiantes por clases (120 estudiantes).
- El poco contacto personal con los estudiantes.
- El seguimiento del manejo de los conceptos físicos fundamentales de todos los estudiantes.
- Alto grado de inasistencias de los estudiantes a las sesiones magistrales.
- La desmotivación expresada por los aprendices hacia las sesiones magistrales.
- Poca relación de los conceptos físicos vistos con la cotidianidad e interdisciplinariedad con otras ramas del saber.

Todas las dificultades mencionadas representaron en su momento un gran reto, que nos motivó a buscar estrategias que pudieran superar, si no todas, sí un gran número de ellas. El espacio provisto por la convocatoria Cambio Magistral, liderada por el Centro para la Excelencia Docente y nacida de la filosofía de la Universidad del Norte, que impulsa la búsqueda de la excelencia académica, fue sin duda una gran oportunidad para innovar y aprender del mismo proceso de investigación. Pues nos permitió implementar nuevas estrategias pedagógicas y medir su impacto en los estudiantes.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

La tabla 1 resume la descripción del proceso de investigación realizado en el aula.

**Tabla 1. Descripción del proceso en el aula**

Etapa piloto (2013-30)		Etapa de implementación (2014-10)	
Grupo experimental	Grupo de control	Grupo experimental	Grupo de control
45 estudiantes	47 estudiantes	66 estudiantes	44 estudiantes
Clases magistrales y videos caseros	Clases magistrales	Clases magistrales y videos caseros	Clases magistrales

Con respecto a la realización de los videos, inicialmente los estudiantes del grupo experimental se organizaron en grupos interdisciplinarios de ingeniería de 4 estudiantes. A continuación, se asignó a cada grupo un tema correspondiente a la hidromecánica y una rúbrica con los principales criterios por evaluar. Los estudiantes debían seleccionar a personas comunes, de la calle: padres, familiares, empleada doméstica, porteros, taxistas, etc., y realizarles una pregunta problema relacionada con el tema asignado, que por lo general generara una concepción errónea en los entrevistados. Después, los estudiantes realizaban un experimento casero a las personas, a través del cual les explicaban físicamente el porqué de lo observado. Al final del video, las personas del común tenían que explicar, en sus propias palabras, lo que habían entendido del experimento y por qué estaban equivocados. El tiempo máximo para realizar el video era de cinco minutos.

Para evaluar los resultados de nuestra propuesta en la etapa piloto se aplicó en la quinta semana de clases al grupo experimental una entrevista para determinar la variación en los niveles de interés personal y conexión con el mundo real; después, se realizó una evaluación en ambos grupos para comparar el rendimiento académico entre ellos. Por otro lado, en la etapa de implementación, en la primera y quinta semanas de clase, se aplicó a los dos grupos el instrumento *Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS)* para estudiar el cambio en los niveles de los dos grupos con respecto al interés personal y conexión con el mundo real. En la sexta semana, se realizaron entrevistas a 30 estudiantes escogidos al azar de los dos grupos.

La aplicación de esta estrategia de intervención motivó un cambio en nuestra forma de planear, desarrollar y evaluar el aprendizaje de los estudiantes. Antes de realizar la investigación en el aula, nuestras clases las planeábamos de manera tradicional. La asignatura de Física Calor Ondas en la universidad se desarrolla con el acompañamiento de profesores complementarios.

El profesor titular trabaja tres horas a la semana con los estudiantes en aulas magistrales de 120 estudiantes, mientras que los profesores complementarios trabajan dos horas semanales con grupos de 24 estudiantes en el laboratorio. Su función es reforzar los temas expuestos en las clases magistrales, realizar problemas guías de aplicación y dirigir el trabajo experimental de la asignatura. El aprendizaje de los estudiantes se evaluaba a través de *quices* virtuales, talleres de ejercicios en los laboratorios, informes de laboratorio y parciales. Después de la implementación de la propuesta, en nuestra planeación agregamos la realización de por lo menos un video en uno de los tres cortes académicos del semestre. En el desarrollo de las clases, se utilizó la realización y el análisis de los videos caseros como estrategia pedagógica para mejorar en los estudiantes tanto el interés hacia la física como la conexión con el mundo real. Los estudiantes pasaron de ser sujetos pasivos a protagonistas en la construcción de su conocimiento. Se agregó a la evaluación un nuevo ingrediente, como fue la socialización, explicación y argumentación física de los experimentos caseros realizados.

### 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El aprendizaje basado en proyectos es un modelo aplicado en el proceso enseñanza-aprendizaje en el que los aprendices, por medio del trabajo en equipo, diseñan, ejecutan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real. El aprendizaje basado en proyectos se orienta a la aplicación de los conceptos fundamentales y principios de la disciplina del conocimiento.

El aprendizaje basado en proyectos se fundamenta en el modelo pedagógico constructivista. Confucio (551-479 a. C.) postuló una máxima del constructivismo: “Me lo contaron y lo olvidé; lo vi y lo entendí; lo hice y lo aprendí”. Es decir, el estudiante es el principal protagonista de su conocimiento. El proceso enseñanza-aprendizaje es dinámico, participativo e interactivo, donde el conocimiento es construido por la persona que aprende. Los estudiantes buscan soluciones a problemas no triviales al hacer y depurar preguntas, debatir ideas, hacer predicciones, diseñar planes o experimentos, recolectar y analizar datos, establecer conclusiones, comunicar sus ideas y descubrimientos a otros, hacer nuevas preguntas, crear artefactos (Blumenfeld et al., 1991). Los fundamentos del constructivismo fueron establecidos por grandes pedagogos, tales como John Dewey, Piaget, Jerome Bruner; y, más recientemente, psicólogos como Vygotsky y educadores como Krajcik postularon las bases del constructivismo social y el constructivismo como herramienta para la enseñanza de las ciencias, respectivamente.



En el constructivismo, la principal función del docente es motivar, guiar y crear las condiciones, a partir de su experticia en la disciplina del saber correspondiente. Para que el estudiante, mediante la reflexión de las nuevas experiencias adquiridas, modifique sus ideas y construya su propio conocimiento.

En la revisión de la literatura, no encontramos ejemplos que ilustren un programa de estudio en el que se haya realizado una investigación a fin de medir los efectos educativos en los estudiantes de la grabación, la edición, el análisis y la explicación de videos caseros, donde se relacione la teoría estudiada en clase y el mundo cotidiano. Existen muchos ejemplos en los que aplican el uso de la tecnología y, entre ellos, el uso del video como estrategia de enseñanza. Por ejemplo, Mochizuki et al. (2005) estudiaron el efecto de la observación de videos cortos en la dimensión emocional de los estudiantes, con respecto a asignaturas de ciencias experimentales. Según Mochizuki, se observó un incremento en el aprendizaje significativo, en la actitud y en la motivación de los niños que observaron videos, con relación a los estudiantes que no observaron los videos. Jian-hua (2012) afirma que el uso de cursos multimedia aplicados a la física, combinados

con la educación tradicional, mejoran los resultados de la enseñanza de la física universitaria. Por tanto, es importante fortalecer y mejorar la investigación en la física universitaria a través de la tecnología multimedia.

Existen otras investigaciones donde se aplica la utilización de proyectos como medio educativo para que los estudiantes adquieran un aprendizaje significativo. Frank, Lavy y Elata (2003) aplicaron exitosamente esta estrategia del proceso enseñanza-aprendizaje, basada en la realización de miniproyectos, a un curso de introducción a la ingeniería mecánica. Las principales conclusiones a las que llegaron a partir de su investigación fueron las siguientes:

- Los estudiantes participan en un ambiente de aprendizaje que les permite adquirir conocimientos, destrezas y habilidades personales e interpersonales.
- Los estudiantes construyen su propio conocimiento a través del aprendizaje activo y la interacción con los demás miembros de la comunidad.
- Las funciones de los docentes van más allá que la simple transmisión de datos e información; principalmente, a través del aprendizaje basado en proyectos los docentes son orientadores, enseñan a sus aprendices a aprender y a cómo construir conocimiento.
- Los estudiantes aumentaron su motivación para el estudio, lo que les permitió avanzar según el ritmo de cada equipo y sentirse, en todo momento, responsables de su proceso de aprendizaje.
- Al igual que en la vida real, mientras aprenden, los estudiantes están expuestos a muchos aspectos del proceso de diseño, que los prepara para las exigencias del mundo real competitivo en la vida de un profesional.

## 4. OBJETIVOS

### Objetivo general

Incrementar en los estudiantes el interés hacia el estudio de la física y la capacidad de explicar, con argumentos físicos, situaciones de la vida cotidiana a través de la realización y el análisis de videos caseros.

### Objetivos específicos

- Motivar a los estudiantes hacia la búsqueda y aplicación de las leyes físicas.
- Formar estudiantes capaces de interpretar y explicar, a través de la física, los fenómenos y acontecimientos que ocurren a su alrededor.
- Fomentar entre los estudiantes la creatividad, la responsabilidad individual, la sensibilidad social, el trabajo colaborativo, la capacidad reflexiva y crítica, la toma de decisiones, la eficiencia y la comunicación de sus opiniones personales.

## 5. DISEÑO

### 5.1. Metodología

En la investigación se aplicó un diseño cuasiexperimental aplicado a dos grupos: experimental (grupo experimental) y control. En la tabla 2 se ilustran las fases implementadas en nuestra investigación durante la etapa piloto.

**Tabla 2. Fases de la investigación aplicadas en las etapas piloto y experimental para los grupos experimental (grupo experimental) y control**

Fases	Etapa piloto		Etapa de implementación	
	Grupo experimental	Grupo control	Grupo experimental	Grupo control
Fase 1	Antes de iniciar Realización de las preguntas de la entrevista	Antes de iniciar Diseño del curso calor ondas	Adecuación de las preguntas de la encuesta (CLASS) del inglés al español.	Antes de iniciar Adecuación de las preguntas de la encuesta (CLASS) del inglés al español
Fase 2	1. <sup>a</sup> semana	1. <sup>a</sup> semana	1. <sup>a</sup> semana	1. <sup>a</sup> semana
	No se realizó encuesta	No se realizó encuesta	Aplicación de la encuesta	Aplicación de la encuesta
Fase 3	2. <sup>a</sup> a 5. <sup>a</sup> semana	2. <sup>a</sup> a 5. <sup>a</sup> semana	2. <sup>a</sup> a 5. <sup>a</sup> semana	2. <sup>a</sup> a 5. <sup>a</sup> semana
	Clases magistrales y grabación y análisis de los videos caseros	Clases magistrales	Clases magistrales y grabación y análisis de los videos caseros	Clases magistrales
Fase 4	5. <sup>a</sup> semana	5. <sup>a</sup> semana	5. <sup>a</sup> y 6. <sup>a</sup> semana	5. <sup>a</sup> y 6. <sup>a</sup> semana
	Entrevista y evaluación académica	Evaluación académica	Aplicación de la encuesta	Aplicación de la encuesta
Fase 5	6. <sup>a</sup> semana	6. <sup>a</sup> semana	6. <sup>a</sup> semana	6. <sup>a</sup> semana
	Recolección de datos y análisis de resultados	Recolección de datos y análisis de resultados	Recolección y análisis de los datos	Recolección y análisis de los datos

## 5.2. Muestra

Esta propuesta se aplicó en la asignatura Física Calor Ondas, con 4 créditos y 5 horas de clases (3 teóricas y 2 experimentales). Los estudiantes de esta asignatura pertenecen al tercer y cuarto semestres de todas las ingenierías, por ser esta una asignatura del ciclo básico de la División de Ingenierías. La edad de los estudiantes que participaron en esta investigación osciló entre los 17 años y los 20 años. Los detalles de la población que participó en la propuesta se resumen en la tabla 3.

**Tabla 3. Población de estudiantes que participaron en el estudio durante etapa piloto y etapa de implementación**

Programa	Etapa piloto (2013-30)		Etapa de implementación (2014-10)	
	Experimental	Control	Experimental	Control
Ing. Mecánica	5	14	26	10
Ing. Civil	5	4	19	11
Ing. Industrial	15	23	13	20
Ing. Eléctrica	4	0	2	1
Ing. Sistemas	4	6	5	2
Ing. Electrónica	12	0	1	0
<b>Total</b>	45	47	66	44
<b>Hombres</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>42</b>	<b>26</b>
<b>Mujeres</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>18</b>

## 5.4. Instrumentos

Los instrumentos utilizados durante la puesta en marcha de la propuesta, tanto en la etapa piloto como en la etapa de implementación, fueron los siguientes:

- Una rúbrica en la que se señalaban los principales criterios de evaluación de los videos, la cual fue entregada a los estudiantes del grupo experimental antes del inicio de la actividad. Los principales criterios contenidos en la rúbrica fueron stos: la pertinencia de la pregunta problema con el tema asignado; personas del común entrevistadas; criterio de calidad, tanto de la experiencia realizada como en la edición del video; dominio de los conceptos y claridad en la explicación física del fenómeno observado; conclusiones por parte de la persona entrevistada; creatividad, originalidad, calidad en la edición y tiempo de duración del video.
- El instrumento utilizado para medir los cambios en los estudiantes en etapa de implementación, tanto en interés personal como en conexión con el mundo real después de la edición y el análisis de los videos caseros, fue CLASS de W. K. Adams de la Universidad de Colorado. Este instrumento, que ha sido validado en muchas universidades del mundo, fue aplicado a todos los estudiantes del grupo experimental y del grupo control en la primera y quinta semanas de clases.
- La entrevista realizada a una muestra de los estudiantes durante la quinta y sexta semanas de clases para la etapa piloto y la etapa de implementación, respectivamente. Esta entrevista fue aplicada a una muestra de seis estudiantes tomados al azar del grupo control y del grupo experimental, para un total de 30 estudiantes. Los detalles de las preguntas se encuentran en la sección de resultados.

## 5.5. Paso a paso de la investigación de aula

En la figura 1 se presenta un esquema que resume las etapas de nuestra investigación en el aula.

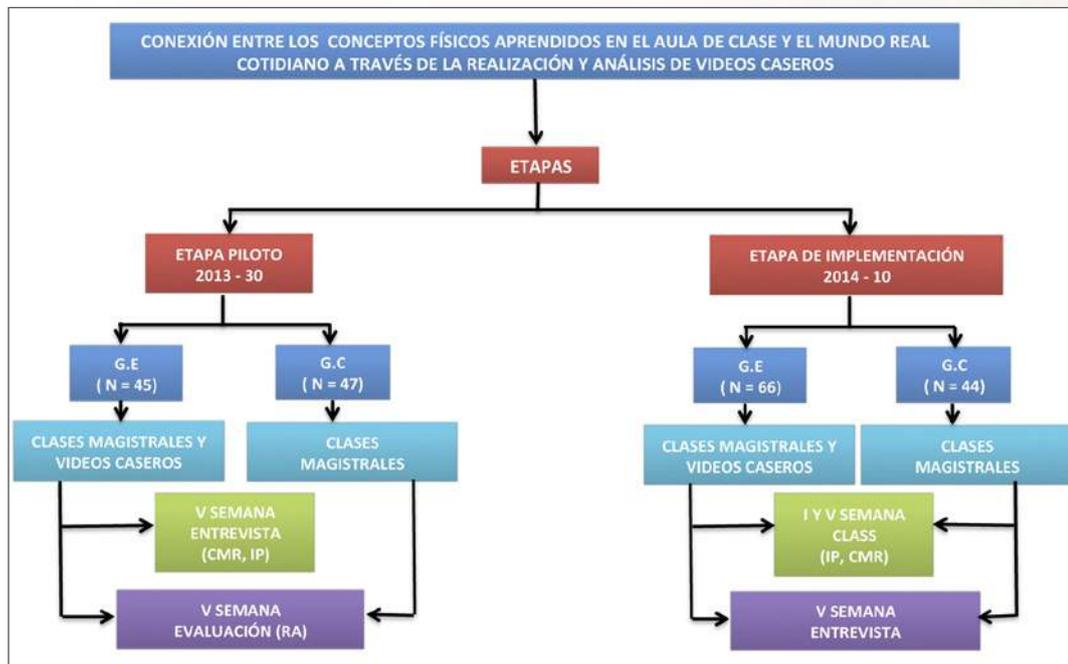


Figura 1. Etapas durante el desarrollo de la propuesta

En la tabla 4 se muestran todas las actividades realizadas, además de las técnicas empleadas en la evaluación, junto con los instrumentos utilizados y las variables por medir en cada caso.

**Tabla 4. Actividades, técnicas utilizadas, instrumentos aplicados y variables por medir**

Actividad	Técnica utilizada	Instrumentos aplicados	Variables por medir
Encuesta en la web de la universidad	Cuantitativa	CLASS	Actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de la física
Construcción del video	Cuantitativa cualitativa	Aplicación de la rúbrica y Entrevista personal	Solución de la pregunta problema, conceptos físicos
Encuesta en la web de la universidad	Cuantitativa	CLASS	Interés personal y conexión entre conceptos físicos y el mundo real
Entrevista	Cuantitativa cualitativa	Entrevista personal	Interés personal y conexión con el mundo real

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Etapa piloto

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tanto para las entrevistas como para la evaluación académica durante la etapa piloto.

#### Resultados de las entrevistas

En esta sección, se presentan los resultados de las respuestas dadas por los estudiantes en las entrevistas.

En la figura 2 se muestra el porcentaje de aprendices que responden a la pregunta 1 (ver anexo).

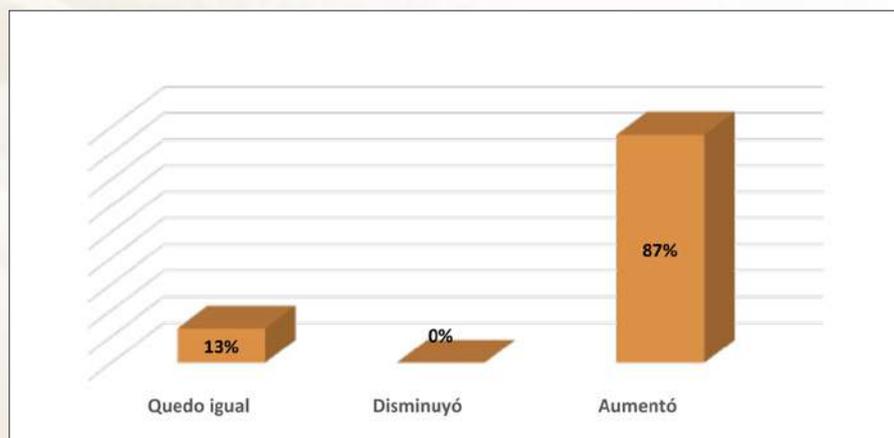


Figura 2. Resultados del grupo experimental a la pregunta 1

En la tabla 5 se muestran las respuestas que dieron los estudiantes a la pregunta 2 (ver anexo).

**Tabla 5. Resultados de la entrevista a los estudiantes sobre la actividad**

Propuesta	Objetivo de aprendizaje de la metodología
Interés y entusiasmo hacia el estudio de la física	La cantidad de tiempo asignado para la realización del video
Relación entre la teoría y los fenómenos físicos cotidianos	Permitir que el video sea de seis minutos
Claridad y mayor entendimiento de los conceptos físicos teóricos	Lleva un tiempo considerado realizar el video. Una exposición sería más práctico
Forma dinámica y lúdica para aprender la física, mayor análisis y profundización	Es complicado que la gente se deje grabar
Técnica audiovisual motiva y ayuda a entender más los conceptos físicos	Hacer el video con más periodicidad
Actividad dinámica que fomenta el trabajo en equipo	Dificultad para encontrar una situación para aplicar el conocimiento
Fomenta el altruismo, ayuda a la comunidad	
Aprender al enseñar a otros Superación a través de una competencia sana	

### Resultados académicos

En la tabla 6 se muestran los resultados de la prueba académica realizada tanto por el grupo control y el grupo experimental en la etapa piloto durante la quinta semana de clases:

**Tabla 6. Resultados de la prueba académica en la etapa piloto**

Grupo	N	Media	D.E	E.E	Mínimo	Máximo
Control	47	2.5	0.8253	0.1204	1.0	4.7
Experimental	45	3.2	0.8915	0.1329	1.5	4.6

N: número de estudiantes; D.E: Desviación estándar de los datos;  
E.E: Error cuadrático medio de los datos

En la tabla 7 se presenta un análisis de varianza de los datos Anova donde se muestra la comparación de medias entre los estudiantes que pertenecen al grupo experimental y grupo control en el rendimiento académico, después de utilizar el video como una herramienta mediadora.

**Tabla 7. Estadística con tratamiento Anova del rendimiento académico**

	Sumas cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11 790	1	11 790		
Dentro de grupos	66 305	90	0.737	16	0.00
<b>Total</b>	<b>78 094</b>	<b>91</b>			<b>0</b>

gl: grados de libertad; F: Razón F de Fisher; sig: nivel de significación observado

## 6.2. Etapa de implementación

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la etapa de implementación de la propuesta tanto con el instrumento CLASS como con las respuestas dadas en las entrevistas.

### Resultados obtenidos con el instrumento de medición CLASS

En la figura 3 se muestran los resultados de la encuesta aplicada (CLASS) a los estudiantes del grupo experimental y grupo control durante la primera semana de clase y la quinta semana de clase, tanto para el interés que presentan los estudiantes hacia el estudio de la física como para la conexión que ellos hacen entre los “conocimientos aprendidos en clase” y “el mundo real”. En las dos variables por medir, se presentan los porcentajes para las respuestas “favorables” y “desfavorables”.

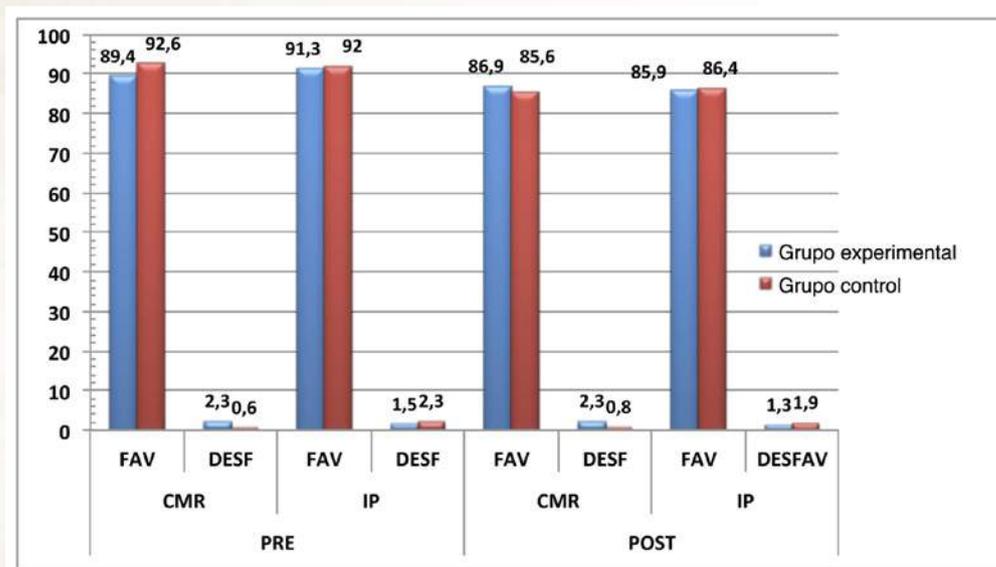


Figura 3. Resultados de la encuesta CLASS al grupo control y al grupo experimental

### Resultados de las entrevistas

*Estudio pre- y pos- sobre el interés hacia la física en los grupos experimental y control.* En esta sección, se presentan los promedios de las calificaciones dadas por los estudiantes del grupo experimental y grupo control (tabla 8) a las preguntas 3 y 4 (ver anexo).

**Tabla 8. Promedios de las calificaciones 0-5 dadas por los estudiantes a las preguntas 3 y 4 de la entrevista**

Grupo	Pre	Post	Shift
Grupo experimental	3.6	4.6	1.0
Grupo control	3.6	4.4	0.8

Asimismo, se presenta la comparación de los promedios de la calificación de las respuestas, en los rangos 2.00-2.99, 3.00-3.99, 4.00-5.00, dadas por los estudiantes de los dos grupos (grupo experimental y grupo control), al ser entrevistados y responder las preguntas anteriores (figura 4).

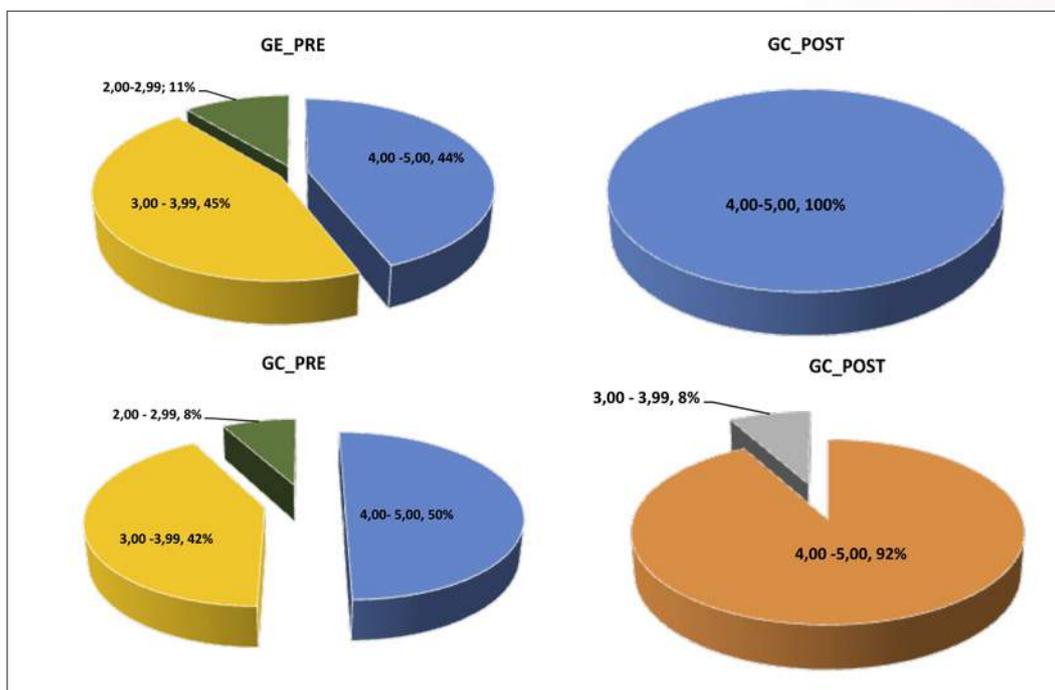


Figura 4. Comparación de los promedios de la calificación de los dos grupos (grupo experimental y grupo control)

Finalmente, se muestra la categorización de las respuestas dadas por los estudiantes del grupo experimental y grupo control, al ser entrevistados y responder el porqué de las preguntas 3 y 4 (ver anexo y figura 5).

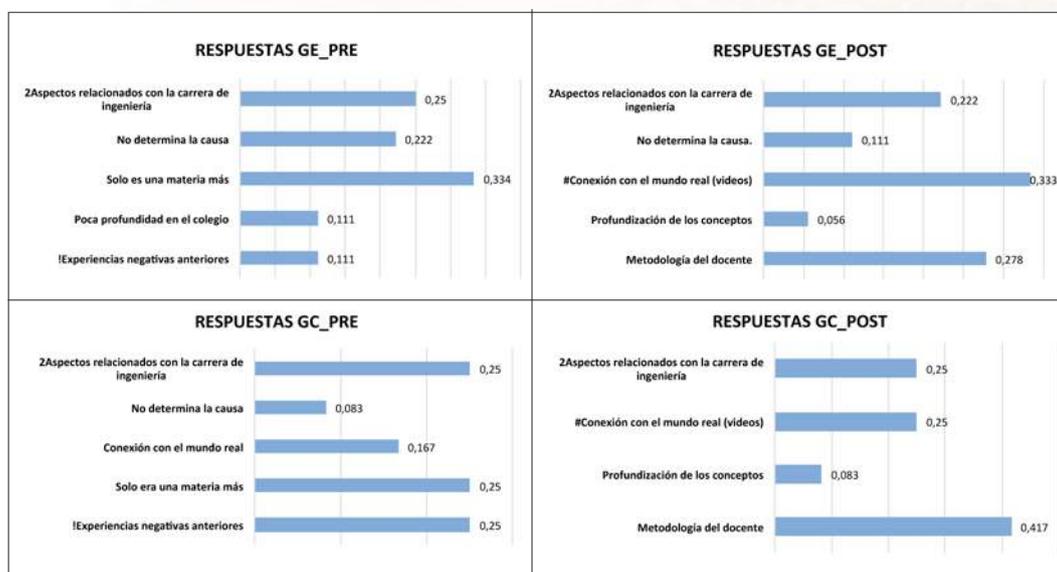


Figura 5. Comparación de las respuestas

*Fortalezas y debilidades percibidas en el proceso enseñanza-aprendizaje en la asignatura Física Calor Ondas.* En esta sección (figura 6), se presentan las respuestas dadas por los aprendices de los grupos experimental y control, reunidos por categorías, a las preguntas 5 y 6.

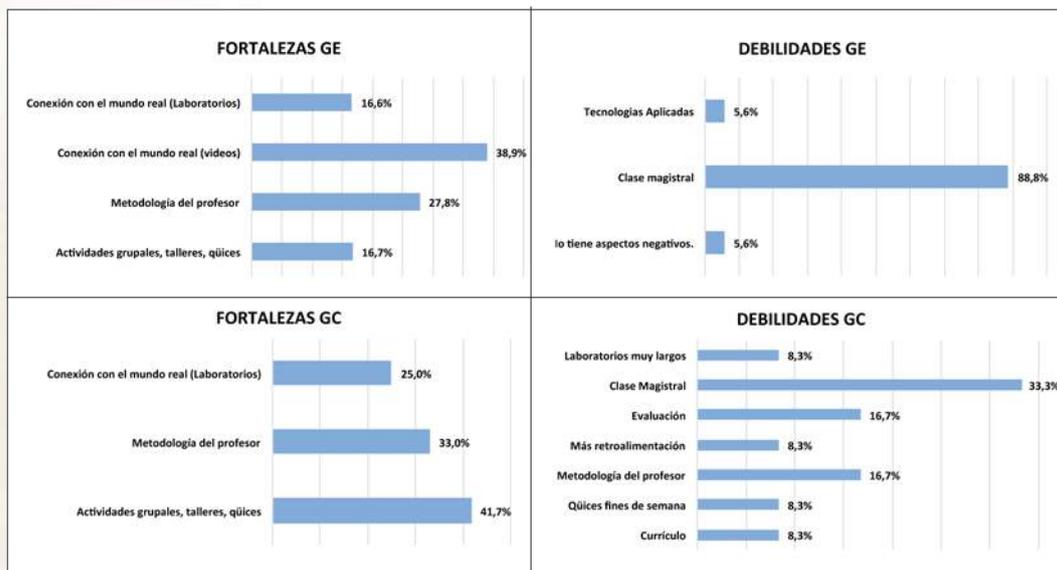


Figura 6. Comparación de las respuestas

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Etapa piloto

#### 7.1.1. Resultados de las entrevistas

Al igual que los aspectos positivos señalados por los estudiantes, la figura 1 indica que la técnica de los videos, además de incrementar el entusiasmo e interés de los estudiantes hacia el estudio de la física, les ayuda a conectar la teoría con el mundo cotidiano. Se observa, además, en sus respuestas positivas, que la actividad de los videos es una estrategia que contribuye a su formación integral. En cuanto a los aspectos negativos, resaltan que los principales obstáculos encontrados en la realización y la edición de los videos fueron el poco tiempo asignado para realizar los videos y la corta duración de estos.

#### 7.1.2. Análisis estadísticos de los resultados académicos

Al observar los resultados de evaluación en la tabla 7, se puede inferir que los estudiantes del grupo experimental presentaron un mejor desempeño académico después de la edición y análisis de los videos, en comparación con el grupo control. La tabla 8 muestra que existen diferencias significativas entre los estudiantes que pertenecen al grupo experimental y grupo control, después de utilizar el video como una herramienta mediadora en la percepción favorable sobre el rendimiento académico ( $p < 0.001$ ).

### 7.2. Etapa de implementación

#### 7.2.1. Análisis de los resultados obtenidos con CLASS

En la figura 2 se muestran los resultados de la encuesta aplicada (CLASS) a los estudiantes del grupo experimental y grupo control, durante la primera semana de clase y la quinta semana de clase, tanto para el interés que presentan los estudiantes hacia el estudio de la física como para la conexión que ellos hacen entre los “conocimientos aprendidos en clase” y “el mundo real”. Para las dos variables por medir, se presentan los porcentajes para las respuestas “favorables” y “desfavorables”. La diferencia entre 100 % y la suma de los porcentajes obtenidos, para las respuestas favorables y desfavorables, representan las respuestas neutrales dadas por los estudiantes.

Con respecto a la variable interés, podemos inferir, de la figura 2, lo siguiente:

- Tanto el grupo experimental como el grupo control poseen inicialmente una alta motivación hacia el estudio de la física (favorable). Esto se puede atribuir a la importancia y al alto número de créditos que otorga esta asignatura en el programa de ingeniería.
- El grupo experimental, comparado con el grupo control en la primera semana de clase, presenta al mismo tiempo una ligera mayor motivación y desmotivación (favorable y desfavorable) hacia la física. Esta polarización hacia los estados favorable y desfavorable hace que el número de aprendices neutrales sea menor para el grupo experimental que el presentado en el grupo control.
- Los resultados indican que la utilización de videos mantuvo el interés de los estudiantes hacia el estudio de la física, y logró que 1 % de los estudiantes que estaban antes de realizar el tratamiento en el grupo de respuestas desfavorables pasaran al grupo de respuestas neutrales.
- Los resultados indican que los estudiantes que no utilizaron videos y que escogieron respuestas neutrales en la primera semana de clases (13.6 %), 0.8 % aumentó su interés hacia la física en la quinta semana de clases, mientras que 1.1 % disminuyó su interés hacia ella.



Con respecto a la variable conexión con el mundo real, podemos inferir, de la figura 2, lo siguiente:

- El grupo control comparado con el grupo experimental presenta una mayor conexión con el mundo real en la primera semana de clase. Los resultados obtenidos en el grupo control muestran que el número de aprendices neutrales es menor para este grupo cuando se compara con el grupo experimental.
- El grupo experimental aumenta su conexión con el mundo real en 1.9 %, mientras que el grupo control lo disminuye en 0.6 %.
- La utilización de videos hace que los estudiantes del grupo experimental encuentren una mayor conexión entre los conceptos vistos en clase y el mundo real. No sucede así con el grupo control. Para este grupo, un ligero número de estudiantes de los grupos favorable y neutral cambian su parecer a desfavorable.

### **Análisis de los resultados de las entrevistas**

*Entrevistas relacionadas con el interés hacia el estudio de la física.* Debido a los resultados muy homogéneos obtenidos con el instrumento CLASS para los dos grupos, se hizo necesario realizar entrevistas a los estudiantes en la sexta semana de clases, a fin de comprender mejor los resultados obtenidos cuantitativamente respecto de la variable interés. Se realizaron entrevistas a seis estudiantes de cada curso, escogidos al azar, para un total de 18 entrevistas en el grupo experimental y 12 entrevistas en el grupo control. A continuación, se hace un análisis de los resultados mostrados en la tabla 3.

- En la tabla 8 se observa que los dos grupos muestran, al inicio del curso, una alta motivación hacia el estudio de la física. Se observa, además, que en la quinta semana los dos incrementan su interés hacia el estudio de la física casi en la misma proporción, siendo ligeramente un poco más alto para el grupo control.
- En la figura 3 se observa una homogeneidad entre los dos grupos al inicio del curso, aunque el grupo experimental presenta una leve desventaja que el grupo control al tener 3 % más de los estudiantes en las notas bajas y medias. Por otro lado, al comparar los promedios de las notas dadas por los estudiantes de los dos grupos, en la sexta semana de clase (Post), se observa que el grupo experimental presenta un mayor aumento en el interés que el grupo control.

Para comprender a qué se debe el incremento del interés en los dos grupos, clasificamos las respuestas de los aprendices en varias categorías, de acuerdo con la relación entre ellas. En la figura 5 se muestran estas categorías. De las respuestas dadas por los aprendices, podemos inferir que el grupo experimental incrementa su interés por la física debido a la conexión con el mundo real a través de los videos (33.3 %), mientras que el grupo control lo hace a través de la conexión con el mundo real a través de los ejemplos realizados en clase (incremento de 8.3 %). La metodología utilizada por el profesor en el proceso enseñanza-aprendizaje es fundamental tanto para el grupo experimental (27.8 %) como para el grupo control (41.7 %).

Lo anterior indica que la realización de los videos y la metodología utilizada por el docente son herramientas fundamentales, que le permiten al estudiante no solo motivarse para el estudio de la física, sino también hacer una conexión entre la teoría estudiada en clase y los fenómenos que suceden en la vida cotidiana.

*Entrevistas realizadas acerca de las fortalezas y debilidades en el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura Física Calor Ondas.* En la figura 6 se presenta una comparación de las respuestas dadas por los aprendices de los grupos experimental y control, reunidas por categorías. En ella podemos observar lo siguiente:

- Mientras que el grupo experimental considera que el aspecto que más le gustó, en el curso de Física Calor Ondas, fue la conexión que ellos realizaron de los conceptos vistos en clase con el mundo real (38.9 %), el grupo control considera que los aspectos que más le gustaron fueron las actividades virtuales desarrolladas durante el curso, tales como los talleres y los quices.
- Ambos grupos consideran que la metodología utilizada por el profesor de la asignatura (27.8 % para grupo experimental y 33.3 % para el grupo control) fue decisivo en el aumento de su interés.

- El grupo experimental y el grupo control encuentran que la tercera fortaleza en el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura Calor Ondas son, respectivamente, las actividades virtuales y la conexión con el mundo real a través de los laboratorios (16.7 % para grupo experimental y 25 % para grupo control).
- Con respecto a las debilidades en el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura Calor Ondas, ambos grupos coinciden en que el aspecto magistral de la asignatura es el que menos les gusta (88.8 % para grupo experimental y 33.3 % para grupo control). En el segundo lugar, el grupo control encuentra en el mismo porcentaje (16.7 %) aspectos relacionados con la metodología del docente y las evaluaciones.
- Un aspecto relevante con respecto al grupo experimental es que, a pesar de que 88.8 % de los estudiantes entrevistados considera la clase magistral como el principal factor desmotivante para el estudio de la Física Calor Ondas, el interés alto mostrado al inicio del curso hacia la física no disminuye, sino que por el contrario se mantiene. Esto se debe, según los resultados mostrados en sus respuestas como fortalezas, a la conexión que ellos han hecho de los conceptos vistos en clase con el mundo real (38.9 %).
- Un hecho que se resalta, en las respuestas dadas por los aprendices del grupo control, es que 16.7 % de ellos dice estar descontentos con la metodología del docente, en tanto que en este ítem no hubo comentarios de descontento en los estudiantes del grupo experimental, sino que, por el contrario, 5.6 % de ellos afirma que no encontró aspectos negativos relacionados con el proceso enseñanza-aprendizaje. Esto se puede atribuir a que los estudiantes del grupo control realizaban sus clases en forma tradicional, mientras que los del grupo experimental filmaban y analizaban videos.

## CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos al aplicar nuestra propuesta, podemos concluir que la realización de los videos y la metodología empleada por el docente son herramientas fundamentales, que le permiten al estudiante no solo una mayor motivación hacia el estudio de la física, sino también hacer una conexión entre los conceptos estudiados en clase y los fenómenos que suceden en la vida cotidiana.

Asimismo, concluimos que la edición y el análisis de videos caseros es una estrategia pedagógica, que contribuye a la formación integral de los estudiantes, ya que logra motivarlos hacia la búsqueda y aplicación de las leyes físicas y permite, además, formar estudiantes capaces de interpretar y explicar, a través de la física, los fenómenos y acontecimientos que ocurren a su alrededor; a su vez, fomenta entre ellos la creatividad, la responsabilidad individual, la sensibilidad social, el trabajo colaborativo, la capacidad reflexiva y crítica, la toma de decisiones, la eficiencia y la comunicación de sus opiniones personales.

Por otro lado, consideramos que esta experiencia ha sido muy constructiva en nuestra formación pedagógica como docentes, por las siguientes razones:

- Nos permitió entender que tenemos que ser activos y creativos, en el proceso de búsqueda de estrategias que lleven al estudiante a ser protagonista de su proceso de aprendizaje.
- Nos hizo conscientes de tener en cuenta las opiniones de los estudiantes en el proceso enseñanza-aprendizaje.



- Nos llevó a reflexionar, cuestionar y evaluar nuestra actividad docente. De tal forma que los resultados obtenidos nos permitan tomar decisiones, que nos lleven a ser mejores docentes formadores de seres humanos.

## RECOMENDACIONES

- Implementar la realización de videos caseros, como una herramienta para que el estudiante conecte los conceptos aprendidos en clase y los fenómenos cotidianos que suceden a su alrededor.
- Realizar una mini Expo-Física en el salón de clases, a fin de que los estudiantes socialicen sus proyectos.
- Crear una página virtual con los videos realizados en todos los temas de la asignatura. Esto permitirá que los estudiantes futuros tengan un referente para estudiar previamente los conceptos de la asignatura.
- Buscar y diseñar estrategias que lleven al estudiante a ser más activo en su proceso formativo.

## ANEXOS

### Entrevista

- Pregunta 1: ¿Después del estudio de hidrodinámica, tu interés por la física: a) Quedó igual; b) Disminuyó; c) Aumentó?
- Pregunta 2: ¿Cuáles crees que fueron los aspectos positivos y negativos en la realización de esta actividad? Da sugerencias para tener en cuenta en el mejoramiento de esta actividad.
- Pregunta 3: ¿De 0 a 5, cómo calificarías tu interés hacia el estudio de la física al iniciar el curso? ¿Por qué?
- Pregunta 4: ¿De 0 a 5, cómo calificarías tu interés hacia el estudio de la física en el momento actual (sexta semana de clase)? ¿Por qué?
- Pregunta 5: ¿Qué aspectos de lo trabajado hasta ahora en la asignatura Física Calor Ondas has disfrutado más?
- Pregunta 6: ¿Qué aspectos de lo trabajado hasta ahora en la asignatura Física Calor Ondas has disfrutado menos?

## REFERENCIAS

- Adams, W. K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Dubson, M., Finkelstein, N. D. y Wieman, C. E. (2006). New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2(1), 010101.
- Blumenfeld et al., P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M. Y Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Frank, M., Lavy, I. y Elata, D. (2003). Implementing the project-based learning approach in an academic engineering course. *International Journal of Technology and Design Education*, 13(3), 273-288.
- Jian-hua, S. (2012). Explore the effective use of multimedia technology in College Physics Teaching. *Energy Procedia*, 17, 1897-1900.
- Krajcik, J., Czerniak, C. y Berger, C. (1999). *Teaching science: A project-based approach*. Nueva York: McGraw-Hill College.
- Mochizuki, T., Hatono, I., Tachibana, S., Fujimoto, M., Kamiyama, S. I. y Yamamoto, T. (2005). Emotional effects of observational learning in science experiments using video clips recorded by network cameras. En G. Richards (ed.), *Proceedings of e-learn: World conference on e-learning in corporate, government, healthcare, and higher education* (pp. 375-380).
- Piaget, J. (1937) *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchatel, Suiza: Delachaux et Niestlé.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language* (trad. A. Kozulin). Cambridge: MIT Press.

## CAPÍTULO 4

# **SOBRE LA CONCIENCIA DE USAR EL MARCO CONCEPTUAL DE LA FÍSICA**

**Erick Tuirán Otero**

Docente investigador del Departamento de Física  
de la Universidad del Norte.

[etuiran@uninorte.edu.co](mailto:etuiran@uninorte.edu.co)

*A Aníbal Mendoza, mentor y amigo*

### **RESUMEN EJECUTIVO**

Este capítulo describe los aspectos principales de un proyecto de innovación pedagógica en el Departamento de Física de la Universidad del Norte, relacionado con la clase magistral de Física Calor Ondas. La innovación pedagógica se centró en la aplicación, en el aula de clase, de técnicas específicas de CAT (*classroom assessment techniques*), cuyos efectos fueron medidos a la luz de la denominada teoría de la actividad. Implementada en un modelo con cuatro dimensiones: la sensibilidad, los juicios, las deliberaciones y las acciones, con el cual se construyó una escala, tipo Likert, para evaluar el desarrollo de la conciencia de los estudiantes al aplicar el marco teórico de la física. Los resultados de la innovación se clasifican en tres aspectos: la construcción de los instrumentos, la percepción de cambios sustanciales en el desarrollo de la conciencia, referentes al propósito de la investigación, y la identificación de elementos curriculares, esenciales en la estructuración de cursos de física básica, orientados más hacia el proceso de aprendizaje que al desarrollo lineal de temáticas desconectadas.

## 1. MOTIVACIONES

Según la experiencia de los autores en el campo de la docencia de la física básica para ingenierías y la investigación en educación, se han identificado comportamientos usuales de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, que dificultan la asimilación de los fundamentos básicos de esta disciplina. Se destacan, entre otros, los siguientes: la tendencia memorística; la reducción simplista, en el análisis de situaciones y problemas en física, a la búsqueda de la “fórmula apropiada”; la dificultad de discernimiento entre lo esencial (las leyes, los principios y los conceptos) y lo circunstancial (las fórmulas, los datos, las condiciones del problema), y la falta de conciencia de la importancia de aplicar el marco teórico de la física en la solución de problemas (constituido en conceptos, principios y leyes). Estas “formas equívocas”, al afrontar su propio aprendizaje, anulan en los estudiantes la posibilidad de establecer sus propias bases para el análisis y la interpretación de los fenómenos físicos que requiere la disciplina: eluden toda oportunidad de desarrollar una autonomía de aprendizaje.

Estos problemas de aprendizaje en los estudiantes han sido la motivación principal para plantear esta innovación pedagógica. Apuntando básicamente a desarrollar en los estudiantes la conciencia de que la solución de problemas y ejercicios de física es exitosa en la medida en que se tenga una comprensión de su marco conceptual, estructurado en los conceptos, las leyes, las definiciones y los principios, que se enriquecen a través de un lenguaje, como es el matemático. Además, la innovación propende a que se cumpla uno de los propósitos del trabajo docente del Departamento de Física de la Universidad del Norte, a saber: desarrollar en los estudiantes los fundamentos básicos de la física para que después sean aplicados en las distintas ramas de la ingeniería.

## 2. ANTECEDENTES

Históricamente, la planeación de todas las asignaturas en el Departamento de Física de la Universidad del Norte ha estado sujeta al desarrollo puntual de los contenidos, en el tiempo establecido del semestre académico. Con igual característica, se presenta la que ahora llamamos clase magistral, a diferencia de que esta incluye hasta 120 estudiantes, que se dividen en varias clases complementarias. La costumbre generalizada de esta clase es que el docente titular expone unidireccionalmente los fundamentos teóricos de la asignatura, con poca o nula interacción con los estudiantes.

En la planeación de la práctica pedagógica, en el sentido estricto, no se incluye sustento teórico y metodológico. Por la forma como están estructurados los currículos, estos se centran en el desarrollo de temáticas desarticuladas y, en forma general, no tienen en cuenta el contexto o los problemas del medio en que se desenvuelven los estudiantes. De acuerdo con lo anterior, las prácticas pedagógicas en general carecen de un sustento teórico y metodológico, ya que la meta es desarrollar los contenidos programados en la asignatura.

Usualmente, las clases magistrales se desarrollan de manera unidireccional: el profesor expone, los estudiantes toman apuntes y el objetivo básico es el desarrollo de la temática programada. Este esquema tradicional refuerza las fallas de aprendizaje mencionadas, y no motiva a los estudiantes a la acción en la búsqueda de su propio aprendizaje. El trabajo independiente que estos realizan está relacionado solo con la preparación de ejercicios y problemas, para ser evaluados en pruebas cortas y preparación de parciales y exámenes finales. Lo que se nota de los resultados

de estas evaluaciones es una apropiación mecánica, memorística, de los contenidos, aspecto que se nota por la falta de comprensión de los fundamentos teóricos que se requieren en la solución de problemas. Aun cuando la asignatura Física Calor Ondas tiene como requisito la asignatura Física Mecánica, correspondiente al segundo semestre de la etapa básica, un buen porcentaje de los estudiantes inscritos llega con notorias deficiencias. Tanto en sus capacidades de aprendizaje autónomo como en sus conocimientos básicos en matemáticas y física, deficiencias provenientes de la formación en la escuela secundaria.



Siendo la física una ciencia experimental, donde el aspecto práctico es esencial para recrear y reforzar los marcos conceptuales, son las actividades de laboratorio las que deben cumplir esta función. En la práctica, estas no están integradas curricularmente, y se las sigue concibiendo como independientes del aspecto teórico, a pesar de estar incluidas en un mismo curso teórico-experimental. Los estudiantes llegan al laboratorio sin la debida preparación de los fundamentos teóricos que necesitan para realizar las prácticas, toman los datos en forma irreflexiva y muchos se escudan en los compañeros al presentar sus informes, que son evaluados en la modalidad de grupo. Como consecuencia de esta “escisión”, los estudiantes no desarrollan las competencias y destrezas de pensamiento necesarias para aplicar lo aprendido a situaciones nuevas que se presentan, tanto en las evaluaciones finales como en cursos más avanzados.

La evaluación tradicional del aprendizaje de los estudiantes ha consistido, esencialmente, en la realización de tres parciales y un examen final (no acumulativos) de 25 % cada uno. Para cada parcial se da un valor de 30 % al promedio de pruebas cortas, informes de laboratorio y talleres grupales. La evaluación es, en esencia, cuantitativa.

Los materiales educativos empleados normalmente son presentaciones en .pdf o Power-Point, y en algunos casos videos o simulaciones que se explican en forma magistral. Algunos estudiantes usan la libreta donde toman apuntes. Decimos algunos, porque otros toman fotografías a los escritos

o diapositivas que se presentan en el tablero. Deben seguir un texto guía, que rara vez llevan al salón de clase. En cuanto al manual de laboratorio, se les pide que lleven por los menos dos manuales por grupo. Cuando lo ideal es que cada estudiante tenga un texto propio, para realizar o reconstruir individualmente las actividades propuestas, como producto de su propia experiencia.

### 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los fundamentos teóricos de esta propuesta de innovación pedagógica se sustentan en la teoría de actividad desarrollada por Leontiev y Vygotsky (Talizina, 1988), desde la cual la asimilación de conceptos se concibe como un proceso de interiorización o internalización, que antes ha pasado por acciones externas que realizan los sujetos de la educación (estudiante y educador) que asimilan. En el sentido anterior, se dice que “todo conocimiento se aprende dos veces”. Primero, a través de un proceso de interacción interpsicológico, que es social y externo, y luego un proceso intrapsicológico completamente individual, donde se da plenamente la asimilación. Este último aspecto es el que muchos estudiantes no culminan. Y en este punto es donde la innovación resalta con el trabajo individual después de un trabajo colaborativo o grupal.



Los autores han implementado, en esta propuesta de innovación pedagógica, las técnicas de *assessment*: ¿cuál es el principio?, “el punto fangoso” y “minuto de papel” (Angelo y Cross, 1993), a la luz de la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales de Piotr Galperin (Talizina, 1988), que es una consecuencia de la teoría de actividad. Por otro lado, con el objeto de medir el cambio en la conciencia de cada estudiante, hemos realizado una adaptación del modelo de desarrollo de la conciencia moral y ética de Villarini (2004) a un desarrollo, en nuestro caso, de una conciencia muy específica, a saber: la de aplicar el marco teórico de la física al resolver problemas. El resultado tangible de esta adaptación constituye el cuestionario, en escala Likert, que nuestros estudiantes han respondido al principio y al final de nuestra intervención pedagógica.

## 4. OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar el desarrollo de la *conciencia* de aplicar el marco teórico de la física en la solución de problemas, experiencias de laboratorio y demás aspectos de la física, como ciencia experimental, al aplicar técnicas específicas de CAT.

### Objetivos específicos

- Aplicar una escala, tipo Likert, antes y después de la estrategia de enseñanza-asimilación de la física, para determinar el nivel de conciencia de usar el marco teórico en la solución de problemas, experiencias de laboratorio y demás aspectos de la física como ciencia experimental.
- Analizar los resultados de la aplicación de la escala Likert en relación con los elementos de la sensibilidad, las deliberaciones, los juicios y las acciones, como dimensiones para el desarrollo de la toma de conciencia de usar el marco teórico en la solución de problemas, experiencias de laboratorio y demás aspectos de la física como ciencia experimental.

## 5. DISEÑO

### 5.1. Metodología

La intervención pedagógica se realizó durante un semestre completo (1-2014) y se llevó a cabo en dos instancias interdependientes, a saber: una intervención semanal, con el grupo completo de 120 estudiantes, donde se hacía énfasis en la necesidad de aplicar los principios físicos en la resolución de problemas y se aplicaban las técnicas de CAT, y una intervención semanal, solo en un grupo experimental de 24 estudiantes, donde se reforzaba el trabajo con los conceptos y principios físicos, a través de la implementación de rúbricas para la solución de problemas. Se puede decir que las instancias son interdependientes, ya que las dos tenían el mismo objetivo, solo la intensidad en el énfasis y los instrumentos utilizados las diferenciaban.

Con el objeto de valorar la ganancia en el nivel de conciencia científica del proceso de enseñanza-asimilación de la física de los estudiantes, se aplicó un instrumento de escala Likert al principio de semestre (antes de la intervención pedagógica) y al final de este (después de la intervención pedagógica), teniendo en cuenta las dimensiones de conciencia de nuestro modelo, a saber, la sensibilidad, la deliberación, los juicios y las acciones.

### 5.2. Muestra

La asignatura Física Calor Ondas se dicta durante el tercer semestre de la etapa básica, en todas las carreras de ingeniería en Universidad del Norte. El rango de edades de los estudiantes inscritos oscila desde los 17 a los 20 años, aproximadamente. Esta clase magistral contiene alrededor de 120 estudiantes que asisten juntos, durante 3 horas semanales, a las lecturas del profesor titular de la asignatura. El grupo total se divide siempre en cinco grupos complementarios, que realizan iguales actividades de laboratorio (2 horas semanales), en diferentes horarios, con profesores complementarios. De los mencionados grupos complementarios, se definieron: un grupo experimental y cuatro grupos control. La aplicación de las técnicas mencionadas y del instrumento de medición se realizó durante el segundo semestre del proyecto (2014-10).

### 5.3. Instrumentos

Podemos clasificar los instrumentos empleados en dos tipos: los utilizados en la intervención pedagógica y los de evaluación de los efectos de la intervención como tal.

A la primera clase pertenecen las rúbricas para evaluar la solución de problemas y las actividades de laboratorio, que fueron implementadas durante todo el semestre en las sesiones complementarias, con el grupo experimental de 24 estudiantes. A la segunda clase, pertenece el cuestionario en escala Likert para evaluar el desarrollo de la conciencia científica. Procedemos en esta sección a describir de manera sucinta cada instrumento.

#### **Rúbrica para evaluar la solución de problemas de física**

Esta rúbrica se implementó (solo para el grupo experimental) en los talleres de solución de problemas, que se desarrollaban en clases de dos horas, en forma grupal. Tuvo como propósito, en la innovación, ayudar a desarrollar en los estudiantes una conciencia de que, en el proceso de resolver problemas, existe una serie de pasos que se realizan más o menos sistemáticamente. Estos pasos están indicados en los criterios que caracteriza a la rúbrica suministrada. La rúbrica también sirvió a los docentes a tener más objetividad en la evaluación del desempeño de los estudiantes en la resolución de los problemas propuestos.

Los criterios mencionados fueron los siguientes: descripción del problema, estado del sistema, planteamiento de las ecuaciones a partir de los principios o leyes, resolución de las ecuaciones y evaluación de la solución.

#### **Rúbrica para evaluar el laboratorio de física**

El grupo experimental estaba dividido en seis grupos de laboratorio (cuatro estudiantes cada uno). La rúbrica de laboratorio definió criterios tanto para la preparación previa de los estudiantes antes de realizar la experiencia como para su desempeño durante ella, y finalmente la posterior elaboración del informe de laboratorio. Los criterios fueron los siguientes: objetivos de la experiencia, fundamentos conceptuales básicos, pregunta general de la experiencia, cálculo de errores y conclusiones.

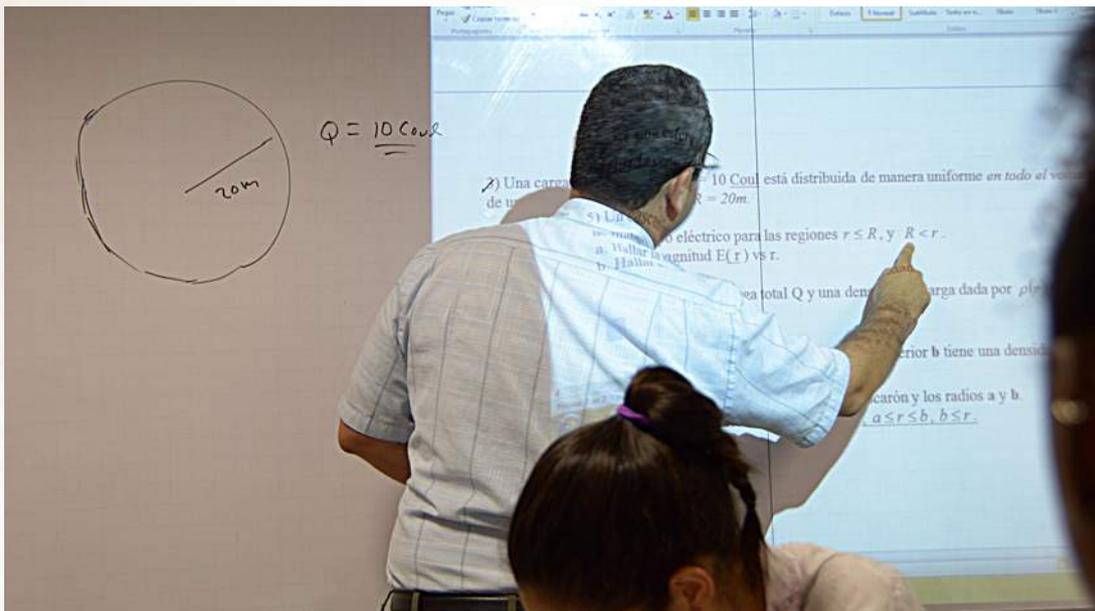
### 5.4. Descripción de la intervención pedagógica

El proyecto de innovación pedagógica aquí presentado se llevó a cabo en dos fases: una fase preparatoria (semestre 2013-30) y una fase de ejecución (semestre 2014-10), las cuales se describen a continuación.

#### **Fase preparatoria**

Durante la fase preparatoria o fase piloto, los investigadores tuvieron una experiencia inicial con las técnicas de CAT: “minuto de papel”, “punto fangoso” y “¿cuál es el principio?”. Se escogieron los temas de la asignatura Física Calor Ondas más apropiados sobre los cuales discutir la relevancia de los principios físicos, en especial los de conservación, y se construyeron los cuestionarios en diapositivas para las clases. Se realizaron sesiones de prueba con los estudiantes, las cuales sirvieron tanto para perfeccionar los cuestionarios como para tener una primera experiencia sobre el momento oportuno, en el cronograma de la asignatura, para implementar las técnicas, de acuerdo con las fechas de realización de talleres, experimentos y evaluaciones. Por otro lado, después de la revisión bibliográfica pertinente, se construyeron: la encuesta de escala Likert para medir la conciencia y las rúbricas para la resolución de problemas y realización de experimentos. Finalmente, es importante anotar que se tuvo la oportunidad de recibir el acompañamiento de

dos asesoras internacionales (Cathy Bishop-Clark y Beth Dietz-Uhler de la University of Miami) contratadas por el Centro de Excelencia Docente de la Universidad del Norte, que suministraron bases a los autores para la formulación de experimentos estadísticos en el aula (Bishop-Clark y Dietz-Uhler, 2012). Como resultado de esta asesoría, se estableció un grupo experimental y cuatro grupos control, de 24 estudiantes cada uno, los cuales sumaban la totalidad de la asignatura Física Calor Ondas (120 estudiantes).



### Fase de ejecución

Como ya ha sido mencionado, la intervención pedagógica como tal o fase de ejecución se llevó a cabo en dos instancias interdependientes, las cuales se describen a continuación.

*En la clase magistral.* El director de la clase magistral (E. Tuirán) reunía el grupo de 120 estudiantes durante tres horas semanales en un aula máxima. Con ayudas como el video beam, pizarra y tarjetas de respuesta inmediata, se desarrollaban los conceptos básicos (marco conceptual) en general en forma magistral. Las técnicas de CAT, tales como ¿cuál es el principio, minuto de papel y el punto fangoso? fueron aplicadas en la clase magistral (todos los estudiantes reunidos en un aula), con el objeto de explicar un tema o al presentar cierta situación o fenómeno físico que ameritara discusión, lo cual propició interacción en la clase entre los estudiantes y el docente. Estas técnicas se implementaron en muchos casos, realizando *quices* en papel o, en algunos casos, con la ayuda de las tarjetas interactivas (*clickers*).

El propósito de la aplicación de las técnicas CAT era dar la oportunidad a los estudiantes, durante el desarrollo de la clase, de comprender la importancia y la necesidad de aplicar los conceptos (presión, calor, temperatura, etc.) y los principios (conservación de la energía, masa, etc.), las leyes (de Newton, de la termodinámica, etc.) propios de la física en el proceso de resolver problemas. Usualmente, el profesor deja al estudiante la responsabilidad de construir su propia manera de entender la materia, a través de listas de problemas y trabajo fuera de clase. En contraste, las técnicas CAT fueron creadas para hacer un acompañamiento más cercano a los estudiantes durante la clase. Por ejemplo, al aplicar la técnica ¿cuál es el principio?, el docente suministra a los

estudiantes una lista de principios físicos, relevantes en un problema dado (Arquímedes, Pascal, conservación de la energía, etc.), y ellos deben escoger y justificar cuál es el más apropiado en la resolución del problema en cuestión.

Las técnicas CAT del punto fangoso y del minuto de papel involucran a los estudiantes en una reflexión interior (una de las acciones mentales en la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales), donde deben pensar en lo más importante para ellos de lo visto en clase (minuto de papel), y en especial en los apartes más difíciles de un proceso dado (punto fangoso) previa revisión de una lista de puntos importantes en el proceso (dada por el profesor). Estas dos técnicas CAT pueden ser combinadas en una sola técnica que suministra un *estado presente* de las dificultades y motivaciones que están teniendo los estudiantes.

Es importante anotar que la aplicación al grupo completo de las técnicas CAT mencionadas garantizaba un tratamiento éticamente igualitario; pero, en contraste, era por sí sola insuficiente como experimento pedagógico en clase. Era necesario establecer grupos experimentales y grupos de control, y realizar un énfasis adicional en los grupos experimentales. Este aspecto será desarrollado en la siguiente sección.

*En las sesiones complementarias.* Tradicionalmente, los cursos magistrales de Física Calor Ondas se dividen en cinco grupos independientes (24 estudiantes cada uno), los cuales realizan, en horarios distintos, las mismas actividades de laboratorio y de resolución de problemas, programadas desde principio de semestre (2 horas semanales). Estas sesiones se realizan bajo la dirección de profesores complementarios. Entre estos grupos se escogió, a principio de semestre, un grupo experimental a cargo del profesor Aníbal Mendoza vinculado al proyecto. Los cuatro restantes fueron grupos de control, a cargo de otros profesores no vinculados al proyecto. En el grupo experimental, se aplicaron, durante todo el semestre (16 sesiones), las rúbricas previamente diseñadas para los talleres de solución de problemas y las experiencias de laboratorio, las cuales hacen énfasis (entre otros ítems) en la aplicación, en cada caso, de los principios, los conceptos y las leyes de la física; son, en este sentido, una forma más estructurada de técnica de CAT. Aquí los estudiantes tuvieron la oportunidad de interactuar entre ellos, cuando se enfrentaban a la solución de los problemas propuestos y las prácticas de laboratorio, guiados por los ítems de las rúbricas.

La participación del docente durante esta actividad se centraba en monitorear el proceso, atender las inquietudes de los estudiantes, dar pistas sobre cómo utilizar la rúbrica, etc. Es de notar que las preguntas de los estudiantes no se respondían una vez que se formulaban, sino que se les invitaba, primero, a que las discutieran en grupo y, luego, el docente hacía alguna sugerencia al respecto.

Como trabajo independiente, los estudiantes debían traer preparados a la clase los fundamentos conceptuales necesarios para desarrollar los talleres y las actividades de laboratorio. Al inicio de la intervención, los estudiantes no daban importancia a este aspecto, pero más adelante tomaron conciencia de ella, con el objeto de garantizar el éxito en el desarrollo de las actividades propuestas.

En síntesis, lo central de la estrategia de innovación pedagógica recayó en las actividades realizadas con el grupo experimental, a través de la implementación de las rúbricas mencionadas, y las interacciones en clase que el trabajo con aquellas originó. A través de estas, se buscaba que los estudiantes *tomaran conciencia* de que existen protocolos implícitos en los procesos de resolver problemas o realizar experimentos, cuyos pasos internos deben ser realizados si se desea llevar

a feliz término las tareas propuestas (resolver el problema, comprobar experimentalmente una predicción teórica, etc.). La mencionada toma de conciencia es un paso fundamental en el desarrollo individual de una autonomía en el proceso de aprendizaje de la física.

*¿Cómo se evaluaba el aprendizaje de los estudiantes?* En esta innovación, además de las formas tradicionales de evaluación (parciales, pruebas cortas e informe de laboratorios y talleres de problemas), la evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje se estructuró en las mencionadas rúbricas que se construyeron. Estas tienen como objetivo adicional brindar al docente una forma estandarizada de evaluación. La escala y los criterios de evaluación escogidos para estas rúbricas fueron los siguientes: 5 excelente, 4 bueno, 3 satisfactorio, 2 bajo promedio, 1 deficiente, 0 no se observa/no existe evidencia.

A continuación, presentamos en la tabla 1 una breve descripción de cada criterio.

**Tabla 1. Descripción de criterios de evaluación (rúbrica para resolver problemas)**

Excelente	Cuando el estudiante identifica el problema claramente, de tal forma que le permite hacer una completa descripción y lo conduce a una comprensión completa del problema, establece claramente el estado del sistema, identifica las leyes, conceptos y principios involucrados, las ecuaciones en forma completa, y las resuelve con sólidos fundamentos matemáticos, y lleva a cabo una completa evaluación que le conduce a inferir consecuencias físicas razonables e interesantes.
Bueno	La solución del problema alcanza el nivel de bueno cuando se establecen los criterios: descripción del problema, establecer el estado del sistema, plantear y resolver las ecuaciones y evaluar la solución; pero no hay claridad ni sustentación completas de los fundamentos conceptuales.
Satisfactorio	Los criterios se identifican claramente, aunque no están suficientemente sustentados a partir de la información que se presenta en el problema. Requiere una mejor relación e integración de los conceptos, principios y leyes físicas. Presenta errores conceptuales y errores de detalle en los procedimientos matemáticos.
Bajo promedio	El estudiante hace referencia al problema sin identificar claramente los datos y la incógnita. No hay una clara comprensión de este. No identifica claramente los conceptos, ni los principios físicos involucrados, lo cual conduce a un planteamiento incompleto de las ecuaciones, y no se evidencia con claridad una evaluación del problema.
Deficiente	No identifica los datos, las incógnitas y los supuestos del problema, no comprende y no es consciente de los conceptos necesarios para resolverlo. No plantea las ecuaciones ni mucho menos la solución.

*¿Cuáles eran los materiales educativos empleados?* Dentro de los materiales utilizados, además del texto guía, el manual de laboratorio y todos los equipos necesarios para llevar a cabo las distintas experiencias seleccionadas, se utilizaron también videos<sup>1</sup> elaborados, que cumplieron la función

1. <https://www.youtube.com/watch?v=w0fD6M8oyGw&list=PLr9NARDP9oxRXqQH8QML4wPWt6Nqm9UhO&index=12>

de objetos de aprendizaje en la enseñanza de temas especiales de física. Para la realización de los quices sobre ¿cuál es el principio?, se utilizaron las tarjetas interactivas o *clickers*; no obstante, en la mayoría de las ocasiones, ya que se necesitaba conocer a fondo las reflexiones de los estudiantes, los *quices* se realizaron a la manera tradicional, en papel.

Bases teóricas y metodológicas. Para el desarrollo de esta propuesta de innovación pedagógica, se integraron varios elementos teóricos que orientaron las actividades y acciones metodológicas llevadas a cabo. Entre ellos, se destacan: la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales desarrollada por Galperin, que es una metodología de enseñanza de conceptos apoyada en la teoría de actividad de Vygotsky y Leontiev. Se hizo, además, una adaptación del modelo de desarrollo de la conciencia moral y ética de Villarini (2004) al desarrollo de la conciencia científica y se integraron tres técnicas de CAT del catálogo de Angelo y Cross (1993), para orientar la atención de los estudiantes hacia la aplicación de los principios físicos en la resolución de problemas. Finalmente, como referencia y punto de comparación con el modelo de conciencia, se estudiaron varias técnicas para comprometer al estudiante en sus acciones de aprendizaje, descritas por Barkley (2010). Se encontraron diversas coincidencias entre los criterios, provenientes del modelo de conciencia, utilizados para construir el instrumento de escala Likert y las diferentes *student engagement techniques* de Barkley; esas similitudes fueron utilizadas para enriquecer el instrumento.



La teoría de la formación por etapas de las acciones mentales trata la enseñanza y asimilación de conceptos, a través de un proceso donde el vector de desarrollo del conocimiento va de lo externo a lo interno. Se caracteriza por cinco etapas de acciones que permiten al sujeto que aprehende la toma de conciencia de los aspectos esenciales de un principio, concepto o ley, que en esta metodología se denominan los invariantes del concepto (principio o ley). Las etapas son las siguientes: etapa orientadora de la acción, etapa material o materializada, etapa verbal externa (habla y escritura), etapa de lenguaje para sí y etapa mental. Los Trabajos posteriores incluyen una sexta etapa, denominada etapa transversal de motivación (Mendoza et al., 2012), la cual es el eje central para desarrollar la didáctica de tipo investigativo a través de una pregunta guía u orientadora.

Todo concepto que vaya a ser asimilado debe haber sido trabajado, analizado y discutido por los estudiantes, de manera que estos hayan tenido la oportunidad de cubrir y superar las etapas señaladas, y es tarea del educador construir las actividades o instancias que lo faciliten. A manera de ejemplo, en la propuesta de innovación en la asignatura de Física Calor Ondas se utilizaron las rúbricas para ayudar a los estudiantes a solucionar problemas de física, realizar prácticas de laboratorio e identificar ¿cuál es el principio? que se utiliza en la aclaración de una situación física. Por otra parte, para medir el nivel de conciencia en los estudiantes de utilizar los principios y las leyes de la física en la solución de problemas, aplicamos la escala Likert, al principio y al final de la intervención pedagógica.

La técnica CAT más sistemáticamente implementada fue la técnica ¿cuál es el principio? (Angelo y Cross, 1993). Los estudiantes deben determinar qué principio o principios deben aplicar para resolver un problema dado. Esta técnica evalúa la habilidad del estudiante para relacionar problemas específicos con los principios generales de la física que son necesarios para resolverlos. Las respuestas de los estudiantes permiten evaluar si ellos saben cómo aplicar los principios básicos de su disciplina. La técnica también los ayuda a identificar los problemas que ellos pueden solucionar con los principios (como herramientas) en vez de aprender a solucionar problemas individuales, de manera memorística. En la rúbrica para resolver problemas, se incluyó un ítem relacionado con la mencionada identificación, por parte de los estudiantes, de los principios físicos apropiados para resolver el problema en cuestión.

## 6. RESULTADOS

Los cambios observados en los estudiantes se desprenden del análisis cuantitativo que se hizo de las respuestas consignadas por ellos antes y después de la intervención pedagógica en la encuesta Likert diseñada para medir el nivel de conciencia de usar el marco teórico de la física en la solución de problemas y demás aspectos de la física como ciencia experimental, y que a continuación describiremos.

La encuesta se basó en las cuatro dimensiones de sensibilidad, juicios, deliberaciones y acciones o aspectos de aplicación. La tabla 2 muestra los resultados globales (todA la asignatura) de estas dimensiones.

**Tabla 2. Nivel de conciencia de los estudiantes de usar el marco teórico de la física antes y después de la innovación pedagógica**

Dimensiones	Antes	Después	Variación
	Valoración promedio	Valoración promedio	
Juicios	2.8	3	+0.2
Acciones	3.5	3.7	+0.2
Sensibilidad	3.8	3.9	+0.1
Deliberaciones	3.8	3.9	+0.1

Se nota que en todas las dimensiones hubo variación, y se destacan las dimensiones de las acciones y los juicios que los estudiantes emitían acerca del aprendizaje de la física. Pero en cuanto al promedio más alto, lo presentan las dimensiones de sensibilidad y argumentación. A continuación, se presentan ejemplos para analizar la información anterior. La *sensibilidad* se refiere

a aspectos como la satisfacción o frustración al comprender un fenómeno físico o resolver un problema; la solidaridad con los demás compañeros que también presentan este problema; actividades como leer, realizar ejercicios de física, tomar apuntes en clase, asistir a conferencias, preguntar por lo que no comprende, ir a la biblioteca, ver programas de televisión que conduzcan a un aprendizaje de la física, y preguntar por el conocimiento básico que necesita un estudiante al iniciar un tema nuevo o tener claridad acerca de los problemas del aprendizaje de la física. Una puntuación entre 3 y 4 significa, respectivamente, “parcialmente de acuerdo” (posición neutra) y “de acuerdo” con la afirmación que se hace en la escala. Respecto de la tabla 2 se puede interpretar que los estudiantes tenían una posición neutra de sensibilidad en el aprendizaje de la física al iniciar la asignatura; pero, una vez culminado, cuando pasaron por el proceso de enseñanza-aprendizaje, cambiaron su valoración a estar de acuerdo con estas afirmaciones.

Un análisis más específico se presenta con la afirmación de las actividades, como leer, hacer ejercicios, etc., que debe realizar el estudiante para que sea exitoso en el aprendizaje de la física: antes de la asignatura la puntuación fue de 3.7 y después de ella fue de 4.0, lo cual significa que la intervención sí movió la sensibilidad; es decir, los estudiantes le dieron más valor a realizar estas actividades para una mejor asimilación de la física. El mismo análisis se puede hacer para las demás categorías. Presentamos varios ejemplos en la tabla 3.

**Tabla 3. Promedios y variación de la conciencia de usar el marco teórico de la física en la solución de problemas**

N.º Pregunta	Antes	Después	Variación
	Promedio	Promedio	
15 (juicios)	4	3.8	- 0.2
28 (acciones)	3.7	3.9	+0.2
35 (acciones)	3.4	3.7	+0.3
36 (acciones)	3.6	3.9	+0.3

**Las preguntas fueron las siguientes:**

- 15. ¿Cuándo discuto sobre un tema o trato de resolver un problema de física me baso en principios, leyes, conceptos, definiciones, etc.?

Antes de la intervención, la asignatura tenía más seguridad de estar de acuerdo con esta afirmación. Pero, después de pasar por el proceso de enseñanza-aprendizaje, presentó dudas en la afirmación; de ahí el valor negativo en la variación. Esto también se puede interpretar que al principio se hacían estas afirmaciones sin un nivel de conciencia firme; pero, luego, después de la interpretación pedagógica, se dieron cuenta de que realmente no ponían en práctica estas afirmaciones.

- 28. ¿Para mejorar mi aprendizaje de la física realizo un curso de acción, como tomar notas, no conformarme con lo visto en clase, ir a la biblioteca, mirar otros libros diferentes al texto, hacer los ejercicios de manera individual, pensar en cuáles son los principios físicos que se deben aplicar en la solución de un problema?

El valor de 3.7 en esta afirmación nos indica que, antes de la clase, los estudiantes no estaban muy seguros de realizar estas acciones para mejorar el aprendizaje de la física. Una vez que pasaron por el proceso de enseñanza, el cambio fue positivo, pero más bien modesto, lo cual indica que los estudiantes siguen pensando que quizá no es del todo necesario hacer tanto para tener un buen rendimiento. Este podría ser un punto interesante de abordar en una futura investigación, haciendo, por ejemplo, entrevistas directas.

- 35. ¿Soy consciente de que hay momentos en la clase en que estoy muy alejado como aprendiz de la física?

En esta afirmación, al principio, los estudiantes tenían una opinión un tanto neutra, pero después de la intervención pedagógica fueron más conscientes de la atención que se debe tener para mejorar el aprendizaje.

- 36. ¿Identifico lo que más me sorprendió como aprendiz de física durante la clase de la semana?

En este punto, también hubo una variación positiva al identificar lo que más le puso a pensar al estudiante después de participar en una clase.

### 6.1. Tablas de contingencia

Para analizar cuantitativamente las valoraciones de los estudiantes por dimensión (sensibilidad, juicios, deliberación y acciones) y actitud (“alta” quiere decir favorable frente a la pregunta con puntuaciones de 4 y 5 y “baja” quiere decir desfavorable frente a la pregunta con puntuaciones 1, 2, y 3), se realizaron tablas de contingencia para cada subgrupo de la asignatura magistral, etiquetados por NRC. Mostramos en la tabla 4, como ejemplo, los resultados para el grupo experimental.

**Tabla 4. Tabla de contingencia de dimensiones y actitudes (grupo experimental)**

NRC 8215 (grupo experimental)	Dimensiones				Total (antes)	Total (después)
	Puntajes por actitud		Puntajes por actitud			
	Alta (5 y 4)	Baja (3, 2, 1)	Alta (5 y 4)	Baja (3, 2, 1)		
Dimensión	Antes	Después	Antes	Después		
Sensibilidad	52	57	44	39	96	96
Juicios	32	55	128	105	160	160
Deliberación	85	99	59	45	144	144
Acciones	134	173	234	195	368	368
<b>Total</b>	<b>303</b>	<b>384</b>	<b>465</b>	<b>384</b>	<b>768</b>	<b>768</b>

Cada casilla representa el total de puntaje en el subgrupo que los estudiantes seleccionaron, en escala Likert, para la correspondiente dimensión (filas) y actitud (columnas).

### 6.2. Cálculo de chi-cuadrado por grupos

Se realizó, además, el cálculo de chi-cuadrado para las puntuaciones observadas y esperadas antes y después de la intervención pedagógica (tabla 5).

**Tabla 5. Chi-cuadrado cinco grupos**

Grupos NRC	Chi antes	Chi después	Chi antes-después
8515 (experim.)	57,8413	40,5652	<b>-17,2761</b>
8219 (control 1)	33	30,1416	-3,2437
8216 (control 2)	55	48,8723	-6,4949
8217 (control 3)	34,4379	55,6753	21,2374
8218 (control 4)	28,8991	19,0323	-9,8668

La tabla 5 presenta un resumen general de los resultados de chi-cuadrado antes y después de haber aplicado la estrategia de enseñanza. Se puede interpretar el resultado de chi-cuadrado antes como una reacción del estudiante frente al instrumento. A su vez, el chi-cuadrado después trae información tanto de la reacción del estudiante frente al instrumento como de la influencia de la estrategia de enseñanza implementada. Para tres grados de libertad, que corresponden a nuestro conjunto de datos y un p-valor de 0.001, se puede observar que todos los resultados apoyan una reacción positiva del estudiante frente al instrumento, lo cual tiene sentido si se entiende que los estudiantes respondían de manera afirmativa y poco crítica a las preguntas planteadas sobre usar el marco conceptual de la física en las actividades de aprendizaje (problemas, talleres, etc.).

Las diferencias negativas del chi-cuadrado después-antes pueden ser interpretadas como consecuencia de una reflexión por parte de los estudiantes, frente a las afirmaciones que plantea el instrumento: ya no estaban tan seguros de aplicar los principios, conceptos, etc. Es de destacar que la mayor diferencia corresponde al grupo experimental, donde se aplicó con más énfasis la estrategia (resta de chi-cuadrados alrededor de -17). Es necesario revisar el resultado atípico para el grupo control 3 (8218). Este resultado amerita un análisis más profundo y puede ser indicio de un punto débil en los instrumentos de escala Likert: las personas no responden a las preguntas a conciencia y con honradez. Hacer un análisis cualitativo de los resultados para las rúbricas puede conducir a información adicional que arroje alguna luz sobre el resultado mencionado.

## CONCLUSIONES

Desarrollar esta innovación pedagógica produjo varios resultados que se pueden resumir en tres aspectos:

1. La construcción de un instrumento, en escala Likert, que permitió recopilar la información para responder la pregunta fundamental que nos planteamos como aspecto central de la innovación pedagógica, a saber, si la implementación en clase de las rúbricas y las técnicas CAT mencionadas logran desarrollar, en los estudiantes, la conciencia de usar el marco teórico de la física (conceptos, principios, leyes) para resolver los problemas y realizar las prácticas de laboratorio. La construcción del instrumento se basó en el modelo de desarrollo de la conciencia moral y ética de Villarini, en las técnicas de CAT de Angelo y Cross y en las *student engagement techniques* de Barkley. Las preguntas del instrumento estaban orientadas a medir en los estudiantes el grado de desarrollo de la sensibilidad, sus juicios emitidos, sus deliberaciones y sus acciones frente al aprendizaje de la física. Estas cuatro dimensiones constituyeron la estructura del instrumento.

Se construyeron también rúbricas para ayudar a los estudiantes a resolver problemas y realizar prácticas de laboratorio de física y, a la vez, facilitar a los docentes la evaluación de estas actividades.

2. El segundo aspecto fundamental que produjo esta innovación pedagógica fue la toma de conciencia que se motivó en los estudiantes en cuanto a usar los conceptos, los principios y las leyes de la física en la solución de problemas y el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Es decir, se notó en ellos un cambio al considerar que, para realizar estas acciones de aprendizaje, no basta escuchar al profesor en la clase magistral o cazar una fórmula matemática para lograr el éxito en la solución. A través de la aplicación de las rúbricas, se notó en los estudiantes un desarrollo de pensamiento sistemático, lo cual los condujo a ser más efectivos en la solución de tareas. La evidencia empírica de estas afirmaciones se desprende de los resultados de la aplicación de la escala Likert, antes y después de participar en la innovación pedagógica.



3. El tercer aspecto que arroja esta investigación se relaciona con las clases complementarias, en las que se implementaron las rúbricas para la resolución de problemas y la realización de experiencias de laboratorio, donde se apreció más la interacción estudiante-estudiante, estudiante-material de apoyo (videos, texto, experiencias, etc.) y estudiante-profesor, acciones que son difíciles de llevar a cabo en la clase magistral. A través de este proceso, notamos que muchos estudiantes prestan más atención y se involucran en los distintos aspectos o criterios para la solución de problemas o las acciones que están realizando. Sin embargo, también hay estudiantes que, por el contrario, asumen una posición pasiva y de dependencia de sus compañeros y del profesor frente a la actividad que realizan. Con respecto a las experiencias de laboratorio, una observación que hacemos a la implementación de la correspondiente rúbrica es la poca valoración que le dan los estudiantes a tener claridad, antes de comenzar la experiencia, de cuáles son los objetivos y los fundamentos conceptuales en que se apoya la experiencia de laboratorio; aspectos que están indicados en el *Manual de laboratorio*, y que fueron previamente tratados en

la clase magistral. Los estudiantes, al principio de la implementación de esta rúbrica, no eran del todo conscientes de que al laboratorio se va a tomar datos, para que estos se constituyan en evidencia empírica en la recreación de un concepto, principio o ley, es decir, del marco conceptual de la física que se quiere asimilar. Una vez que se implementó la rúbrica de laboratorio y se hizo hincapié en los beneficios que traía su aplicación para desarrollar en forma sistemática la experiencia, los informes del laboratorio mejoraron notoriamente.

Es fundamental tener en cuenta estos resultados para el rediseño y la evaluación curricular de una clase magistral. Una recomendación que se debe tener en cuenta es que los docentes deben preparar, de antemano, las actividades que han realizar los estudiantes, tanto en los talleres como en las experiencias de laboratorio. De igual forma, los docentes, a través de la construcción de rúbricas, deben preparar las evaluaciones de las distintas tareas que realizan los estudiantes. Para lograr una efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, no deja de ser necesario que los docentes directores de la clase magistral expongan magistralmente el desarrollo del marco teórico para la comprensión por parte de los estudiantes, de tal manera que en las clases complementarias se presente más la interacción mencionada, a través de los distintos objetos de aprendizaje construidos.

## REFLEXIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN

Lo más fácil (y hasta divertido) de la experiencia de implementar la innovación fue propiciar la interacción a través de los talleres y experiencias de aprendizaje; desde luego, esto es un resultado del trabajo inicial de elaborar los instrumentos para recopilar la información. Esta elaboración fue uno de los aspectos más difíciles. Se requirió realmente todo un proceso de indagación en el marco teórico para el diseño y su elaboración. En estos momentos, somos conscientes de que a uno de estos instrumentos, como es la encuesta Likert, le falta seguir un proceso de validación y confiabilidad.

Nos sorprendió que los estudiantes presentaran ciertas falencias en los aspectos básicos necesarios para asimilar la asignatura de Física Calor Ondas, en lo que, se suponía, debían tener claridad. Ciertas destrezas básicas simples de pensamiento, como la observación o el ordenamiento de información, no están desarrolladas; hay dificultades en la lectura, la cual se da a un nivel literal y, en fin, un pensamiento mecánico.

Se destaca, como un aspecto positivo en la experiencia, que los estudiantes desarrollaron su conciencia de aplicar las recomendaciones que se les hacía a través de criterios de las distintas rúbricas. Es de reconocer que no todos los estudiantes se involucran para utilizar estas recomendaciones y asumen una posición pasiva y dependiente a la hora de realizar los ejercicios y prácticas de laboratorio. Gran dificultad es motivar a estos estudiantes a que asuman el compromiso de trabajar en grupos. Quizá su estilo de aprendizaje se centra más en el trabajo individual y a la vez son muy dependientes de las orientaciones que en forma expositiva realiza el docente.

Como docentes, tuvimos la oportunidad de implementar esta innovación pedagógica en el campo de la física, dado que, por experiencia, se había aplicado una metodología como es la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales en otras disciplinas, tales como la química y el área de la salud. Fue positivo tener la oportunidad de interactuar más con los estudiantes y conocer, en forma directa, sus dificultades de aprendizaje, y ayudarles dándoles la retroalimen-

tación necesaria. Estos aspectos no son posibles de llevar a cabo si estamos preocupados solo por terminar los programas académicos. Esta experiencia nos dio la oportunidad de indagar sobre los elementos curriculares que se necesitan para desarrollar un rediseño curricular y la evaluación de una clase magistral que propicie en los estudiantes, la reflexión el análisis y el desarrollo de competencias científicas a partir de la comprensión de la física.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda conservar en el desarrollo de esta asignatura la implementación de los instrumentos que se elaboraron. Aplicar, al inicio y al final de esta, la escala Likert que se construyó para valorar si hubo o no cambios en la actitud de los estudiantes frente al aprendizaje de la física.

Nuestro trabajo apunta a un rediseño del currículo para la clase magistral, cuyo propósito general es lograr la conciencia y el compromiso del estudiante con su propio proceso de aprendizaje. Los distintos objetos de aprendizaje que hemos aplicado son la base fundamental para propiciar en los estudiantes este comprometimiento.

Deseamos que la implementación de nuestros instrumentos, en futuras clases de otros docentes, sean la fuente de nueva recopilación de información sobre la manera como los estudiantes se enfrentan a su proceso de aprendizaje.

## REFERENCIAS

- Angelo, T. y Cross, P. (1993). *Classroom assessment techniques: A handbook for college teachers*. San Francisco: Jossey Bass Publishers.
- Barkley, E. F. (2010). *Student engagement techniques: A handbook for college faculty*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Bishop-Clark, C. y Dietz-Uhler, B. (2012). *Engaging in the scholarship of teaching and learning: A guide to the process, and how to develop a project from start to finish*. Sterling, VA: Stylus.
- Galperín, P. Y. (1995). *Teoría de la formación por etapas de las acciones mentales*. Moscú: Editorial MGY.
- Mendoza, A. Díaz, M., Arteta, J. y Alonso, L. M.(2012). *Construcción de un modelo curricular para el desarrollo de una conciencia salubrista*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte, Colciencias.
- Talízina, N. (1988). *Psicología de la enseñanza*. URSS, Moscú: Progreso.
- Villarini, A. (2004). *Desarrollo de la conciencia moral y ética: teoría y práctica*. San Juan, Puerto Rico: OFDP.

## Anexo.

**Tabla 1. Elementos de las dimensiones del modelo de conciencia científica**

Sensibilidad	Deliberación	Juicios	Acciones	Actividades
1. Identifica valores involucrados en una situación física	12. Identifica un problema acerca del aprendizaje de la física	21. Basa sus juicios acerca del aprendizaje de la física en la experiencia de éxito o fracaso que ha tenido	1. Ayuda a sus compañeros que presentan problemas relacionados con el aprendizaje de la física	12. Identifico acciones en la clase que se tornan misteriosas o confusas para mi aprendizaje de la física (cuestionario de sucesos críticos)
2. Identifica el grado de empatía con otros estudiantes afectados por los problemas de comprensión de temas de física	13. Aclara los hechos y valores identificados en el problema de aprendizaje de la física	22. Basa sus juicios acerca del aprendizaje de la física en las afirmaciones que realizan sus compañeros/as sobre este tema	2. Interactúa con sus compañeros, profesores y otras personas para implantar un curso de acción sobre el aprendizaje de la física	13. Identifico lo que más me sorprendió como aprendiz de física durante la clase de la semana
3. Da una jerarquía a las creencias acerca del aprendizaje de temas de la física	14. Analiza los cursos de acción deseables de usar el marco conceptual de la física para la solución de problemas que se puedan solucionar desde esta disciplina	23. Basa sus juicios acerca del aprendizaje de la física en el hábito y costumbres establecidos por la comunidad de estudiantes tradicionalmente	3. Implanta de modo sistemático la asignatura de acción sobre el aprendizaje de la física seleccionado.	14. Seleccione una lista de objetivos al comenzar cada unidad de estudio de la física (ir tras la meta)
4. Identifica las preconcepciones que poseen los estudiantes acerca de temas de física	15. Presenta argumentos en favor de la acción deseable seleccionada de usar el marco conceptual de la física para resolver problemas que se puedan solucionar desde esta disciplina	24. Basa sus juicios acerca del aprendizaje de la física en principios derivados por usted a través del análisis y la reflexión sobre este tema	4. Evalúa la asignatura de acción sobre el aprendizaje de la física en su proceso y resultados	15. Seleccione una lista de actividades de aprendizaje de la física al comenzar cada unidad o tema de la materia (ir tras la meta)
5. Identifica el grado de satisfacción con relación a las acciones y prácticas que realizan en torno al aprendizaje de la física	16. Presenta disposición a escuchar los argumentos de sus pares frente al problema de aprendizaje de la física (respuesta circular)	25. Emite juicios basados en principios físicos frente a otros puntos de vista de temas relacionados con esta disciplina (stand where you stand)	5. Muestra disposición para revisar la asignatura de acción de aprendizaje de la física seleccionado e implantado (diarios de aprendizaje)	16. Después de realizar una prueba de física, antes de enviarla al profesor, llevo a cabo un análisis en cuanto a predicción del puntaje de la nota, lista de la estrategia de estudios, relación de la puntuación de la nota con el esfuerzo, identifico lo más fácil y lo más difícil de la prueba (análisis de posprueba)

6. Identifica los principios de conducta que provocan actitudes para el aprendizaje de temas de física	17. Presenta argumentos para defender sus puntos de vista acerca del aprendizaje de la física (stand where you stand)		6. Acepta el reto de reflexionar sobre el aprendizaje de la física en diferentes formas durante la asignatura (diarios de aprendizaje)	17. Después de recibir los resultados de una prueba de física, realizo un escrito en cuanto a emociones respecto de la puntuación de la nota, comparación de la nota recibida con la predicha, analizo cada pregunta del examen en cuanto a las habilidades de pensamiento requeridas
7. Expresa las preferencias que tienen los estudiantes frente a temas de la física	18. Expone argumentos en la discusión con sus pares frente al análisis de situaciones físicas presentadas en distintas perspectivas (comunidades conectadas)		7. Practica habilidades para llegar a ser independiente y autodirigido en el proceso de aprendizaje de la física (diarios de aprendizaje)	18. Para ser más eficiente y efectivo mi aprendizaje de la física, realizo actividades en la clase, como tomar notas completas y acertadas, escuchar cuidadosamente las discusiones, participar atentamente en los trabajos en grupo y pensar con profundidad en los resúmenes o síntesis que los docentes realizan en sus actividades de enseñanza (el portafolio en clase)
8. Identifica el conocimiento básico que poseen los estudiantes al iniciar un tema nuevo de física	19. Tiene en cuenta sus valores al dilucidar un dilema ético que surja al usar la disciplina al solucionar un problema físico (dilema ético)		8. Asume la responsabilidad de su proceso de aprendizaje (diarios de aprendizaje)	19. En mi proceso de aprendizaje me esmero por conocer las fuentes de información, como internet, biblioteca, revistas, páginas web, etc., relacionadas con la física, como recursos fundamentales para involucrarme activamente en el proceso de comprensión de esta asignatura (jugar a la búsqueda de recursos)

9. Explora los problemas de aprendizaje de la física	20. Manifiesta motivación a la discusión con pares frente a una diversidad de fenómenos e ideas acerca de temas de física presentados (comunidades conectadas)		9. Asumo un papel comprometido en el aprendizaje de la física durante la clase o tarea (cuestionario de sucesos críticos)	20. Hago un compromiso personal de repensar el contenido y conocimiento que el docente suministra a través de pruebas y la retroalimentación que hace de estas
10. Expresa en forma individual su pensamiento en una tarea de aprendizaje de la física (entrevistas en pares)			10. Soy consciente de que hay momentos en la clase de física en que estoy muy alejado como aprendiz de la materia (cuestionario de sucesos críticos)	21. Pienso profundamente en una estrategia de enseñanza que deberían usar los docentes para hacer que mi comprensión de la física sea mejor (crib cards)
11. Expresa en forma individual sus sentimientos en una tarea de la física (entrevistas en pares)			11. Identifico acciones en la clase que se tornan útiles para mi aprendizaje de la física (cuestionario de sucesos críticos)	22. Me preocupo por identificar las características de lo que es un trabajo excelente de física
				23. Me preocupo por internalizar el significado de lo que son altos estándares en un trabajo de la física, por ejemplo, informe de laboratorio
				24. Estoy motivado a elaborar rúbricas de evaluación que contienen explícitos criterios y estándares que me ayudarán a mejorar los resultados de aprendizaje de la física
				25. Estoy motivado a expresar en el salón de clase mi pensamiento acerca del proceso de aprendizaje de la física (triad listening)

Instrumento de escala Likert para valorar el desarrollo de la conciencia científica

## CAPÍTULO 5

# ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS PARA CURSOS MASIVOS EN ECUACIONES DIFERENCIALES

**Catalina Domínguez García**

Docente investigador del Departamento de  
Matemáticas de la Universidad del Norte.

[dcatalina@uninorte.edu.co](mailto:dcatalina@uninorte.edu.co)

**Ricardo Antonio Prato Torres**

Docente investigador del Departamento de  
Matemáticas de la Universidad del Norte.

[rprato@uninorte.edu.co](mailto:rprato@uninorte.edu.co)

## RESUMEN EJECUTIVO

Se analiza el impacto de aplicar estrategias pedagógicas en cursos magistrales de Ecuaciones Diferenciales de los programas de ingenierías de la Universidad del Norte durante el segundo semestre de 2013 (2013-30) y el primer semestre de 2014 (2014-10). Los objetivos se centraron en mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje y la motivación de esta asignatura en clases magistrales que no poseen sesiones paralelas de ejercicios. Las distintas estrategias se basaron en tópicos del aprendizaje activo y se centran en la preparación de materiales educativos, tales como la publicación semanal de resúmenes de los temas abordados en clase, de ejemplos resueltos con distinto nivel de dificultad y de ejercicios propuestos. Además, se implementaron *quices* virtuales como trabajo independiente para los estudiantes, con el fin de reforzar los temas vistos dentro de la asignatura. La evaluación de las estrategias se realizó por medio de comparación de las notas de los semestres evaluados y por encuestas aplicadas a los estudiantes. Al comparar los resultados, se observó una disminución de la mortalidad y una evidente motivación por parte de los estudiantes, en especial por el fortalecimiento del trabajo independiente.

## INTRODUCCIÓN

Las clases magistrales en la Universidad del Norte son aquellas que poseen entre 90 y 120 estudiantes, y que usualmente tienen secciones paralelas formadas por subgrupos de 30-40 estudiantes para la resolución de problemas. El hecho de trabajar con estos grupos masivos enfrenta a los profesores a cargo a un gran reto, ya que la cantidad de estudiantes en el aula facilita la pérdida de atención y, a su vez, esta se convierte en el principal elemento para la desmotivación en las clases. A lo anterior, hay que añadir los problemas que se viven en grupos de matemáticas (independientemente del número de estudiantes).

Para la clase de Ecuaciones Diferenciales, tenemos unos retos particulares con respecto a las otras clases magistrales en matemáticas: esta asignatura es la última del ciclo básico de matemáticas para ingenierías, cubre un temario extenso con una intensidad de tres horas, no cuenta con sesiones paralelas, e históricamente la asignatura ha presentado tasas de retiro y no aprobación mayores de 55 %.

En nuestra opinión, los altos porcentajes de no aprobación en la asignatura están ligados al poco manejo del formalismo en el lenguaje matemático y a la debilidad de los preconceptos adquiridos en el sistema educativo.



## 1. ANTECEDENTES

La búsqueda de mejorar los índices de reprobación del curso fue la principal motivación que llevó a los profesores a repensar estrategias, pero siempre con la premisa de conservar niveles adecuados de calidad académica.

Se observó que aun contando con una parcelación de la asignatura bien estructurada y un texto guía adecuado al nivel, los estudiantes no realizaban una preparación previa del material y, en detrimento de su propia formación, solo se preocupaban para el estudio de la asignatura en fechas cercanas a los exámenes parciales. Por otra parte, la masiva cantidad de estudiantes dentro del aula facilita que estos se distraigan y pierdan el interés en el desarrollo teórico de la clase. En consecuencia, para muchos estudiantes, el estudio del curso se reduce a la repetición sin fin de los ejemplos resueltos y no se alcanzan los rasgos del pensamiento formal.

Para los profesores encargados de esta asignatura, fue evidente que la aplicación de cualesquiera estrategias o actividades que podrían mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el aula enfrentaba la rigidez de la malla de los programas de ingenierías, en especial, la reducida cantidad de horas para esta asignatura, que dificulta un seguimiento individual de los estudiantes y se convierte en un lastre para la aplicación de estrategias o actividades que podrían mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el aula. Por ejemplo, en 2014-10, se trató de implementar una estrategia que contemplaba el uso de *clickers*; pero, si bien fue una experiencia positiva, el tiempo invertido en solo una unidad retrasó la programación una semana de clases.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN

El eje sobre el cual se repensó la clase se basó en la premisa de que los estudiantes participen en la asignatura, a través de la preparación previa de los temas de clase, y que incrementen la concienciación de sus dificultades, como primer paso en la aprehensión de los conceptos; todo esto sin entrar en conflicto con la estructura académico-administrativa existente. Naturalmente que este tipo de restricciones hace que las estrategias utilizadas disten de las experiencias teóricas descritas en los libros de pedagogía. Si bien ya varias de las estrategias se venían aplicando en otros grupos del ciclo básico de ingenierías a cargo de los mismos profesores, desde 2009, fue en la convocatoria del Centro para la Excelencia Docente donde se puso en práctica una guía para desarrollar un proyecto pedagógico mediante SoTL (*scholarship of teaching and learning*) (Bishop-Clark y Dietz-Uhler, 2012), la que permitió arropar la experiencia de los profesores con un manto teórico, tras lo cual se descubrió que las estrategias pedagógicas aplicadas para enfrentar las dificultades se encuentran dentro del aprendizaje activo (Barkley, 2010).

La intervención se realizó presentando semanalmente materiales de estudio, que contenían ejemplos resueltos con distinto nivel de complejidad, ejercicios propuestos con distinto nivel de complejidad con respuestas y documentos en forma de diapositivas con las ideas principales de los temas abordados semanalmente.

Se deseaba con estos materiales enfocar a los estudiantes en los conceptos que se iban a tratar en la semana, y permitirles que prepararan antes de la clase los materiales. Ya en la clase, los profesores la conducían a través de preguntas que promovían el desarrollo del conocimiento, y no presentaban ningún tipo de preparación por parte de los estudiantes. Para temas puntuales, se preparó un video educativo para motivar la sesión de aplicaciones de las Ecuaciones Diferenciales. Por último, y con el fin de permitir una autoevaluación de los temas, se realizaron quices virtuales que buscaban mostrar a los estudiantes el grado de apropiación de los conceptos.

### 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En los últimos años, este tipo de estrategias han sido aplicadas en distintos cursos básicos de matemáticas de diferentes textos de estudio; en particular, asociados a la realización de *quices* virtuales (Angus y Watson, 2009; Bajpai, Calus y Simpson, 1970; Clinton y Kohlmeyer, 2005). Asociadas a ejercicios o tareas propuestas, encontramos los trabajos de Dupuis, Coutu y Laneuville (2013). En general, estos estudios indican que una mayor exposición a instrumentos de evaluación conduce a una mayor comprensión de conocimientos por parte de los estudiantes.

También encontramos trabajos enfocados en el análisis y en diferentes propuestas pedagógicas en cursos magistrales, tales como Herington y Weaven (2008) y Klegeris y Hurren (2011). En Herington y Weaven (2008), se presentan los resultados de una exploración de distintos métodos para mejorar los estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios de primer año. Si bien el estudio fue un éxito en cuanto a la motivación de los estudiantes durante las actividades de clase no se evidenció que alguno de los estilos analizados haya producido cambio en estilos de aprendizaje superfluos a otros más profundos, lo cual sugeriría que el *desaprendizaje* de estilos superfluos representa una problemática para el docente y que se necesita más de una intervención. Sin embargo, muestran cierta evidencia de que las estrategias de aprendizaje autorreguladas resultan en una experiencia de aprendizaje más positiva para los estudiantes y docentes. Mientras que en Klegeris y Hurren (2011) se mostró que las técnicas de aprendizaje basado en problemas, que usan grupos tutoriales para clases magistrales, tienen un impacto significativo en la motivación de los estudiantes en la asistencia y participación durante la clase.

Si bien no es posible la aplicación de todas las intervenciones mencionadas en los trabajos anteriores, aquí se aplican algunas de ellas a la espera de que nuestra intervención derive en un aumento de la motivación del estudiante dentro y fuera del aula y propicie en él un estilo de aprendizaje más sólido que le proporcione mayores niveles de satisfacción y conocimientos durante su experiencia en la educación superior.

En cuanto al análisis de experiencias que usan videos educativos como soporte en el aprendizaje y la enseñanza en cursos magistrales, encontramos los trabajos de Herington y Weaven (2008) y Hill y Nelson (2011); sin embargo, no se da con literatura disponible que analice el estudio concerniente al impacto de videos educativos que muestren diferentes aplicaciones de conceptos teóricos de un curso de Ecuaciones Diferenciales.

### 4. OBJETIVOS

#### Objetivo general

El objetivo principal de este componente es proporcionar a los estudiantes herramientas que promuevan el aprendizaje autónomo y fomenten la responsabilidad y el compromiso con su formación académica.

#### Objetivos específicos

- Fomentar el compromiso con su formación.
- Fomentar el aprendizaje activo en el estudiante.

- Aumentar el número de estudiantes aprobados del curso sin disminuir el nivel de dificultad del curso.
- Lograr una tasa de reprobación de cursos magistrales similar o menor a la tasa de reprobación de cursos no magistrales, la cual en la Universidad del Norte históricamente se presenta entre 25 y 35 %.
- Aumentar la participación y motivación del estudiante en la clase de Ecuaciones Diferenciales.



## 5. DISEÑO

### 5.1. Metodología

En el transcurso del proyecto, se identificaron dos ideas de investigación:

1. Mejorar el proceso de aprendizaje en el curso de Ecuaciones Diferenciales.
2. Incrementar la motivación de los estudiantes ante el curso de Ecuaciones Diferenciales.
3. Asociadas a estas ideas de investigación, se plantearon las siguientes dos preguntas de investigación:
  - a. Pregunta de investigación 1: el rendimiento académico de los estudiantes mejorará con la implementación de las siguientes estrategias pedagógicas:
    - Quices virtuales (sin ninguna nota asociada).
    - Talleres propuestos.
    - Diapositivas con el temario de clases.
  - b. Pregunta de investigación 2: ¿La presentación de videos educativos que expliquen modelos matemáticos aplicados a fenómenos físicos motivarán al estudiante al aprendizaje de las ecuaciones diferenciales?

## 5.2. Descripción de la investigación de aula

A fin de resolver las preguntas de investigación, se aplicó la siguiente innovación pedagógica.

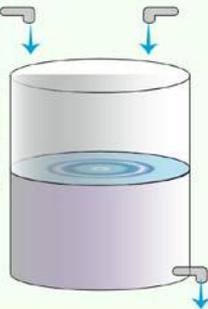
### Descripción investigación asociada a la pregunta 1

En este caso, la innovación consiste en el uso de un portal web, en el cual cada estudiante podrá descargar semanalmente:

- Taller: con periodicidad semanal, contiene en su primera parte ejemplos resueltos con distinto grado de dificultad, con el objetivo de servir de guía para la realización de otros ejercicios y posteriormente ejercicios propuestos para su realización por fuera de clase (Figura 1, Figura 2 y Figura 3). Además, la mayoría de ejercicios propuestos tendrán sus respuestas, para que el estudiante las pueda comparar y verificar.

**Ejemplo 6**

Un tanque de  $50 \text{ m}^3$  contiene inicialmente  $20 \text{ m}^3$  de salmuera (agua con sal) con una concentración de sal de  $0,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ . Una primera llave agrega agua pura al tanque a una velocidad de  $0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$  durante 100 minutos, al cabo de los cuales se cierra y en ese mismo instante se abre una segunda llave la cual agrega al tanque salmuera con una concentración de  $0,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  a una velocidad de  $0,4 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ . En todo momento la salmuera es bien mezclada en el tanque y sale a razón de  $0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ .



1. ¿Qué cantidad de sal hay en el tanque a los 100 minutos?
2. ¿Qué cantidad de sal hay en el tanque a los 200 minutos?

Figura 1. Enunciado de un ejemplo planteado en el taller de la semana 6

**Primera Parte:  $0 \leq t \leq 100$**

- Cantidad inicial de fluido en el recipiente:  $V_{\text{inicial}} = 20 \text{ m}^3$
- Concentración inicial de sal:  $c_0 = 0,5 \text{ Kg/m}^3$
- Concentración entrante de sal:  $c_e = 0 \text{ Kg/m}^3$
- Velocidad entrante de agua:  $r_e = 0,1 \text{ m}^3/\text{min}$
- Velocidad saliente de salmuera (mezcla):  $r_s = 0,2 \text{ m}^3/\text{min}$
- Volumen de mezcla (en  $\text{m}^3$ )

$$V(t) = V_{\text{inicial}} + V_{\text{entrada}} - V_{\text{salida}} = V_0 + (r_e - r_s)t = 20 + (0,1 - 0,2)t = 20 - 0,1t$$

- Concentración saliente de sal:  $c_s = \frac{x(t)}{V(t)} = \frac{x(t)}{20 - 0,1t}$  (en  $\text{Kg/m}^3$ )
- **Modelo**

$$\frac{dx}{dt} = r_e c_e - r_s c_s = \text{tasa de entrada} - \text{tasa de salida}$$

$$= 0,1 \cdot 0 - 0,2 \cdot \frac{x(t)}{20 - 0,1t} = -\frac{0,2x(t)}{20 - 0,1t}$$

$$\frac{dx}{dt} + \frac{0,2x(t)}{20 - 0,1t} = 0, \quad x(0) = 10$$

Figura 2. Solución de un ejemplo del taller de la semana 6

Ejercicios E2	
Resuelva los siguientes problemas de valores iniciales	
1. $\begin{cases} y'' + 4y = 0 \\ y(0) = 1 \quad y'(0) = 2 \end{cases}$	3. $\begin{cases} y''' - 2y'' + y' = 0 \\ y(0) = 0 \quad y'(0) = 0 \quad y''(0) = 1 \end{cases}$
2. $\begin{cases} y'' + 9y = 0 \\ y(0) = 1 \quad y'(0) = 0 \end{cases}$	4. $\begin{cases} y^{(4)} - 4y'' = 0 \\ y(0) = y'(0) = 1 \quad y''(0) = y'''(0) = -1 \end{cases}$
Respuestas Ejercicios E2	
1. $y = \cos(2x) + \sin(2x)$	3. $y = 1 - e^x + xe^x$
2. $y = \cos(3x)$	4. $y = \frac{5}{4} + \frac{5}{4}x - \frac{3}{16}e^{2x} - \frac{1}{16}e^{-2x}$

Figura 3. Ejercicios propuestos de la semana 9 con sus respuestas

- Diapositivas de clases: con periodicidad semanal, contienen un resumen semanal de las clases, y subrayan lo más relevante de cada tema (Figura 4). Se intenta que el formato sea llamativo para lograr capturar la atención del estudiante. Se pretende no dejar que estos archivos se conviertan en la reedición de un libro de ecuaciones diferenciales.

### Sistema Masa-Resorte

- Resorte de longitud  $l$  y constante de elasticidad  $k$  (sin estirar)
- Posición de equilibrio: masa  $m$  produce una elongación  $s$

$$mg - ks = 0$$

- En movimiento, se produce un desplazamiento  $x$

$$ma = -k(x + s) + mg$$

$$ma = -kx - ks + mg$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

Movimiento libre No amortiguado

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x(0) = x_0, \quad x'(0) = v_0$$

Figura 4. Ejemplo de una diapositiva de la semana 13

- *Quices* virtuales (Figura 5): estos no tienen ponderación en la nota del estudiante. Se desea, por medio de esta herramienta, involucrar a cada estudiante en la autoevaluación de sus conceptos. Los *quices* virtuales se ofrecen quincenales y, al finalizar cada quiz, el estudiante tendrá su resultado. Las preguntas planteadas son de selección múltiple, y se presentan de dos tipos: la primera corresponde a preguntas de conceptos básicos y teóricos, las cuales deberían responder de forma rápida, y su respuesta reflejará la claridad de conceptos del estudiante; el segundo tipo corresponde a preguntas similares a las planteadas en los exámenes parciales, y que requieren cálculos algebraicos más extensos.

Evaluación

1. (Puntos: 0.5)

La transformada de Laplace de la función  $f(t)$  es

a)  $\mathcal{L}\{f(t)\} = -2\frac{e^{-5s}}{s}$

b)  $\mathcal{L}\{f(t)\} = \frac{2e^{-2s}}{s}$

c)  $\mathcal{L}\{f(t)\} = \frac{e^{-2s} - e^{-5s}}{s}$

d)  $\mathcal{L}\{f(t)\} = 2\frac{e^{-2s} - e^{-5s}}{s}$

1. a)

2. b)

3. c)

4. d)

Guardar y ver Siguiente    Pregunta siguiente

Tiempo 07:21:48  
Permitido 02:00:00  
Restante 01:57:11

Estado de pregunta  
 No respondida  
 Respuesta no guardada  
 Respondida

1 2 3 4 5  
6

Figura 5. Pregunta de un quiz virtual correspondiente a la semana 15

- Páginas web con el contenido del curso (figura 6 y figura 7): por medio de estas los estudiantes tienen a disposición los ejercicios propuestos y diapositivas semanales. Las páginas son de libre acceso, y permiten a los profesores mejor control sobre el material y mayor fiabilidad para el acceso.

Buscar en este sitio

Clases Dr. Ricardo Prato  
Contacto  
**Ecuaciones Diferenciales**  
reglamento

Información personal  
  
[Click here](#)

Información Profesor  
**Ricardo Prato, Dr. rer. nat.**  
Oficina 3-22E

2013 > Segundo Semestre 2013 (2013-30) >  
**Ecuaciones Diferenciales**

Archivos

- [tarea\\_semana16.pdf](#) 45kb - 06/11/2013 03:57 por Ricardo Prato (v1)  
Tarea Semana 16
- [tarea\\_semana13.pdf](#) 70kb - 15/10/2013 06:45 por Ricardo Prato (v1)  
Tarea Resortes - Semana 11-12
- [3P\\_oltd.pdf](#) 109kb - 03/10/2013 09:50 por Ricardo Prato (v1)  
Terceros parciales semestres anteriores
- [2Pold.pdf](#) 93kb - 11/09/2013 05:24 por Ricardo Prato (v1)  
Segundos Parciales Semestres anteriores
- [1P\\_oltd.pdf](#) 149kb - 14/08/2013 06:24 por Ricardo Prato (v1)  
Primeros parciales semestre anteriores

Mostrando 5 archivos de la página [Archivos\\_Varios](#)

Talleres

- [ejercicios14.pdf](#) 93kb - 05/11/2013 08:55 por Ricardo Prato (v1)  
Ejercicios Semana 16 05.11.13-08.11.13
- [ejercicios13.pdf](#) 249kb - 04/11/2013 16:42 por Ricardo Prato (v1)  
Ejercicios Semana 15 28.10.13-01.11.13
- [ejercicios12.pdf](#) 86kb - 28/10/2013 16:27 por Ricardo Prato (v1)

Archivos recientes

- [est\\_Semana15.pdf](#) 553kb - 04/11/2013 16:37 por Ricardo Prato (v1)  
Material clase Semana 28.10.13-08.11.13
- [est\\_Semana14.pdf](#) 280kb - 04/11/2013 16:35 por Ricardo Prato (v1)  
Material clase Semana 21.10.13-25.10.13
- [est\\_Semana13.pdf](#) 315kb - 16/10/2013 16:26 por Ricardo Prato (v2)

Figura 6. Página web del profesor Prato



Figura 7. Página web de la profesora Domínguez

## Descripción de la investigación a la pregunta 2

El curso de Ecuaciones Diferenciales consiste principalmente en la presentación de distintos métodos que resuelven ecuaciones diferenciales, las cuales representan modelos matemáticos de fenómenos físicos. La innovación consiste en la presentación de videos educativos, en los cuales se muestran distintos modelos matemáticos de estos fenómenos.

Para llevar a cabo este proyecto, se logró la realización de solo un video educativo relacionado con la ley de enfriamiento. En el video, se muestra y se resuelve el modelo matemático asociado al enfriamiento de una taza de café, el cual se encuentra disponible en YouTube:  
<https://www.youtube.com/watch?v=EY3f4pBNCx0yfeature=youtu.be>

El diseño estuvo a cargo de los profesores y su realización y producción del Centro para la Excelencia Docente.

## 5.3. Muestra e instrumentos utilizados

### Asociada a la pregunta 1

Para investigar la primera pregunta de investigación, concerniente a las distintas estrategias educativas, se aplicó la innovación a cuatro cursos de Ecuaciones Diferenciales del semestre 2014-10, distribuidos de la siguiente manera:

- Dos cursos magistrales de aproximadamente 90 estudiantes, uno a cargo del profesor Prato y el otro a cargo de la profesora Domínguez.
- Dos cursos no magistrales de aproximadamente 35 estudiantes, uno a cargo del profesor Prato y el otro a cargo de la profesora Domínguez.

El proyecto, que tuvo una fase piloto durante el semestre 2013-30, también contó con cuatro cursos de estudio (2 magistrales, 2 normales) de composición similar al mencionado, a cargo de los profesores Prato y Domínguez. Durante el semestre 2013-10, se inició con ciertas estrategias educativas, como las diapositivas semanales y ejercicios propuestos; sin embargo, a lo largo de los semestres, se ha mejorado su contenido y edición.

El estudio pretende comparar tanto los cursos magistrales como los cursos normales de los semestres 2014-10, 2013-30 y 2013-10 de cada profesor. Para ello, se plantean los siguientes instrumentos:

*Técnica e instrumentos utilizados.* Los instrumentos corresponden a:

- Recolección de datos: Corresponde al número de estudiantes matriculados, retirados y no aprobados, y porcentaje de mortalidad.
- Encuestas virtuales: Realizadas en Google, de carácter anónimas y no obligatorias, propuestas al finalizar los semestres 2014-10 y 2013-30. Para los cursos del semestre 2014-10, se practicó al finalizar el semestre la misma encuesta virtual por separado; es decir, se tiene la información de cuatro encuestas virtuales. En el semestre 2013-30, antes de la fecha de retiro, se practicó la encuesta virtual sin discriminar por cursos, o sea que la información corresponde a todos los estudiantes, tanto de los cursos magistrales como normales de ambos profesores.

En la tabla se muestra cada una de las variables por medir junto con la técnica e instrumento por utilizar.

**Tabla 1. Variables por medir y técnicas e instrumentos utilizados para la pregunta de investigación 1**

Variables por medir	Técnica utilizada	Instrumentos aplicados
Porcentaje de estudiantes aprobados	Conteo	Recolección de datos
Uso de cada estrategia pedagógica por parte de los estudiantes	Pregunta	Encuesta virtual
Satisfacción por parte de los estudiantes	Pregunta	Encuesta virtual
Opinión de los estudiantes de las distintas estrategias pedagógicas	Pregunta	Encuesta virtual

### Asociada a la pregunta 2

Para la segunda pregunta de investigación, concerniente a los videos educativos, se aplicó la innovación al curso magistral del profesor Prato, de aproximadamente 90 estudiantes, de Ecuaciones Diferenciales, entre la cuarta y octava semanas de clase. Los estudiantes tuvieron libre acceso a un video educativo de carácter no obligatorio, el cual explica el fenómeno de transferencia de calor para una taza de café. Como control, se utilizó el curso magistral de la profesora Domínguez, en el cual se explicaba el tema sin hacer uso de la innovación.

El tema por tratar en el video hace parte del temario del segundo parcial, del cual se desprende una pregunta. Se comparan cuantitativamente los resultados de esta pregunta en ambos cursos. En la tabla 2 se muestra cada una de las variables por medir junto con la técnica e instrumento por utilizar.

**Tabla 2. Variables por medir y técnicas e instrumentos utilizados para la pregunta de investigación 2**

Variables por medir	Técnica utilizada	Instrumentos aplicados
Promedio del valor por la pregunta del segundo parcial concerniente al video	Conteo	Recolección de datos
Participación de la innovación por parte de los estudiantes	Pregunta	Encuesta virtual
Satisfacción de parte de los estudiantes por el video	Pregunta	Encuesta virtual
Opinión de los estudiantes	Pregunta	Encuesta virtual

## 6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados asociados a cada pregunta de investigación.

### 6.1. Resultados: pregunta de investigación 1

Se realizó el análisis del porcentaje de mortalidad o reprobación asociados a cada profesor en los semestres 2013-10, 2013-30 y 2014-10 tanto en los cursos magistrales como en los no magistrales. Se tuvo en cuenta el número de estudiantes matriculados inicialmente, y se aclaró que estos pueden retirar el curso hasta la decimocuarta semana de clases; por tanto, se les toma la asignatura como “no cursada” y tienen la opción de matricularla en los semestres siguientes. A aquellos que tomaron esta decisión les llamaremos estudiantes retirados. Por último, se cuantificó a los estudiantes que no retiraron, pero tampoco aprobaron la asignatura. El porcentaje de mortalidad o reprobación del curso se calcula mediante:

$$\text{Mortalidad} = \frac{ER + EP}{EI} \times 100\%$$

En las siguientes figuras, se muestra el número de estudiantes iniciales, de estudiantes retirados y de estudiantes reprobados después del retiro en los semestres 2014-10, 2013-30 y 2013-10 asociados a cada profesor de los cursos magistrales (figura 8 y figura 9),

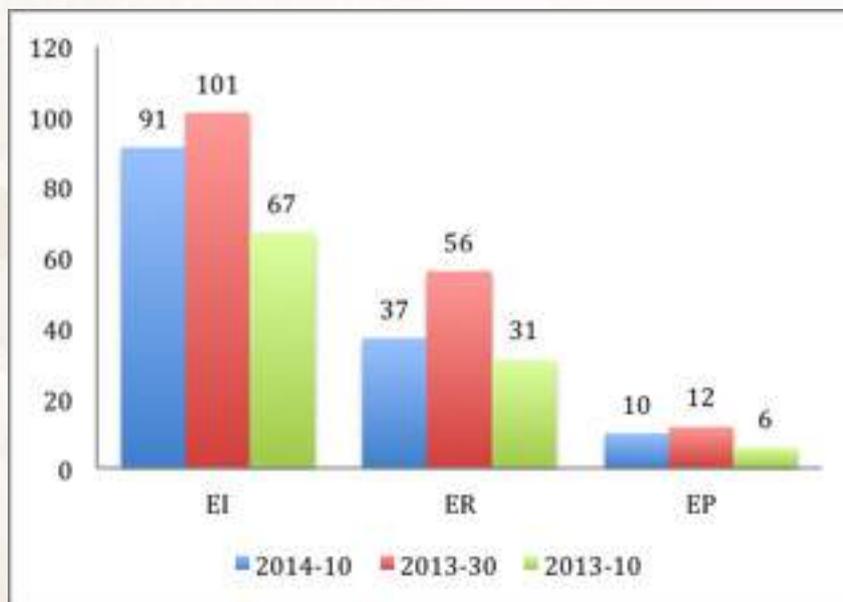


Figura 8. Magistrales de la profesora Domínguez

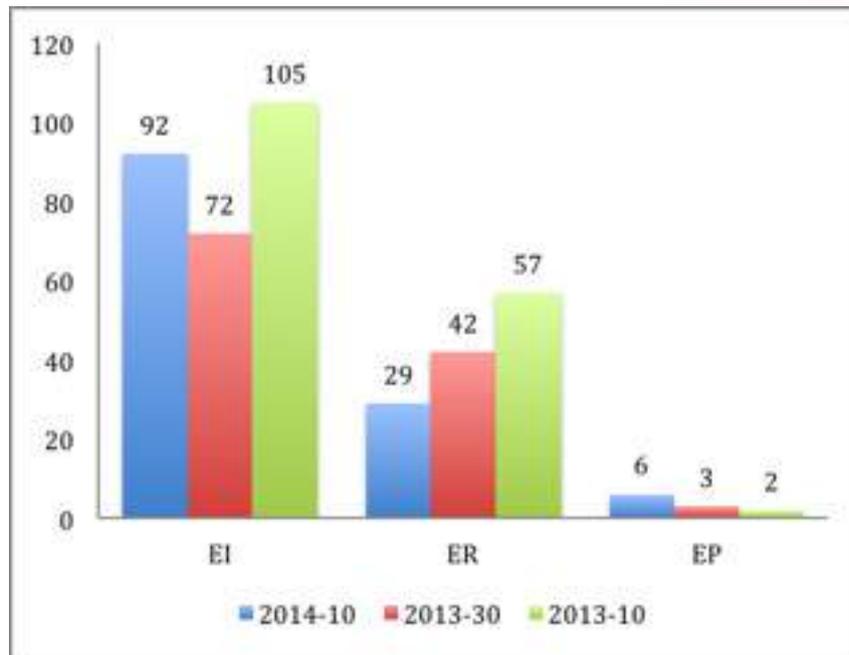


Figura 9. Magistrales del profesor Prato

y cursos no magistrales (figura 10 y figura 11).

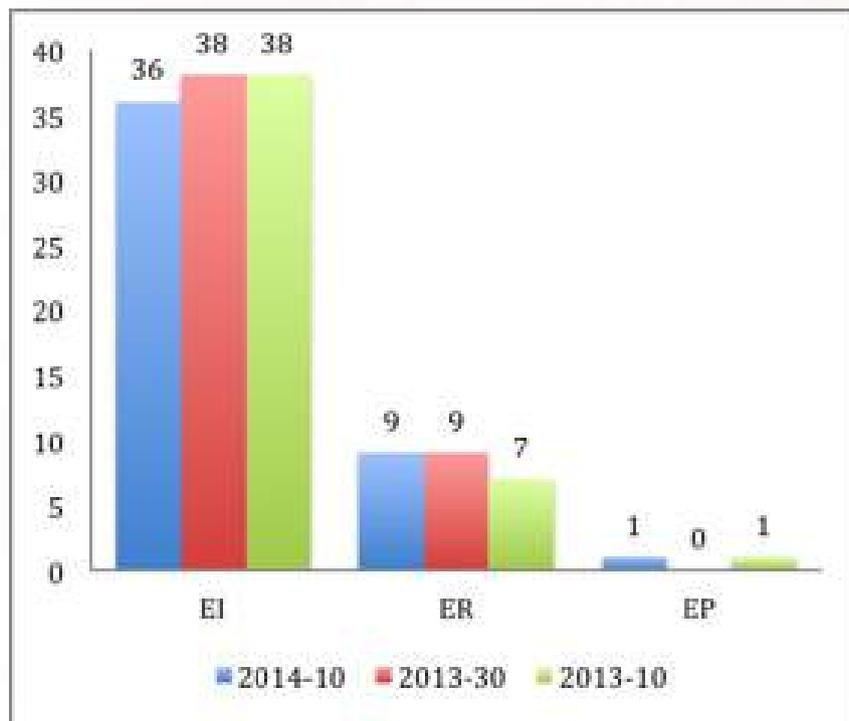


Figura 10. No magistrales de la profesora Domínguez

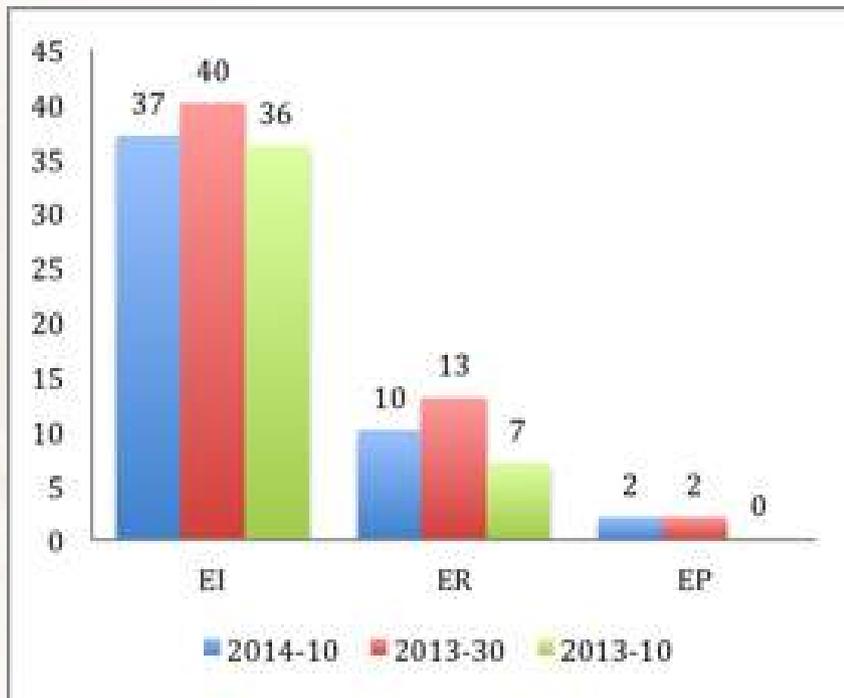


Figura 11. No magistrales del profesor Prato

En la figura 12 se muestran los porcentajes de reprobación de los cursos durante los semestres 2014-10, 2013-30 y 2013-10 asociados a cada profesor.

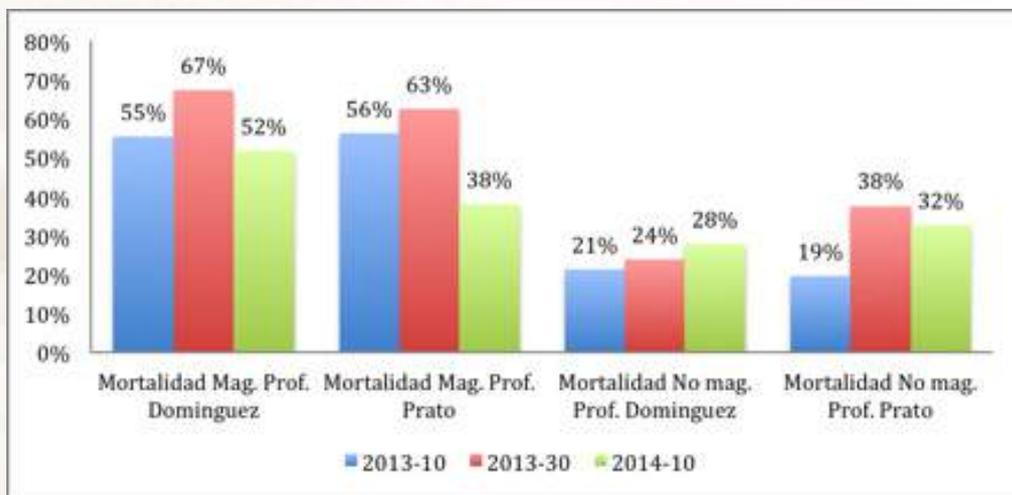


Figura 12. Porcentaje de reprobación de los cursos

Se observa en los grupos magistrales un descenso en la tasa de mortalidad. Pero en los cursos no magistrales, el dato no es significativo, lo cual se atribuye a que en estos grupos se matricula la mayoría de estudiantes becados o con alto promedio académico, por lo que nos encontramos con que la tasa de mortalidad en estos grupos se encuentra en promedios históricos.

En los semestres 2013-30 y 2014-10, se aplicó una encuesta a los estudiantes de todos los grupos. Esta encuesta no fue obligatoria y se llevó a cabo entre las semanas 12 y 15 de clases.

Tabla 3 se muestra el porcentaje de participación en dichas encuestas.

**Tabla 3. Porcentaje de participación en las encuestas**

Semestre	Tipo de curso	Profesor	Número de estudiantes participantes	% de participación
2013-30	Magistral, normal	Domínguez Prato	146	58
2014-10	Magistral	Domínguez	32	59
		Prato	48	76
	Normal	Domínguez	15	56
		Prato	48	76

En la tabla 4 se muestran diferentes variables cualitativas obtenidas mediante la realización de encuestas virtuales y en la Tabla 3 algunos comentarios u opiniones escritas de estudiantes en la encuesta.

**Tabla 4. Preguntas y resultados de encuestas virtuales realizadas en los semestres 2014-10 y 2013-30 (en porcentaje)**

Variables por medir	% magistral 2014-10		% normal 2014-10		2013-30
	Domínguez	Prato	Domínguez	Prato	Juntos
Realización de por lo menos 1 quiz virtual	88	79	93	100	61
Opinión acerca de quices virtuales: ¿ayudan a la preparación de exámenes parciales o al descubrimiento de errores conceptuales?	53	52	60	53	50
Lee con frecuencia o siempre las diapositivas de clase	72	85	60	72	71
Afirma que las diapositivas ayudan a entender el sumario de clase	34	43	42	38	37
Las diapositivas son un material de consulta	34	31	33	38	31
La realización de ejercicios propuestos ayuda a comprender los conceptos del curso	36	39	29	40	34
La realización de ejercicios propuestos ayuda en la preparación de exámenes	38	40	42	37	38
Realización de más de siete talleres	46	66	54	78	81
Realización de más de 60 % de los talleres	75	65	60	50	31
Lectura de ejemplos resueltos	93	96	80	86	94
No haber asistido nunca a las monitorías del Centro para la Excelencia Estudiantil	75	65	60	50	31
Asistencia a clases de más de 80 %	91	92	93	79	87
Califica su desempeño como bueno	50	31	73	79	47
Califica su desempeño como excelent	19	21	7	14	17

Tabla 5. Comentarios de estudiantes en encuesta virtual 2014-10 de los cursos magistrales

**Tabla 5. Preguntas y resultados de encuestas virtuales realizadas en los semestres 2014-10 y 2013-30 (en porcentaje)**

N.º comentario	Algunos comentarios u opiniones de los estudiantes
1	Considero que la metodología del curso que maneja la profesora es muy organizada, pues le brinda al estudiante todo el material necesario para tener buen desempeño en la asignatura. Para mí, los talleres, los quices y los parciales pasados son de gran ayuda para entender los temas dados, además siento que nos ayudan a prepararnos mejor para el parcial. En cuanto a la clase magistral, opino que es mucha gente y, en ocasiones, no dejan escuchar las clases bien.
2	Los exámenes podrían ser un poco menos difíciles para las futuras generaciones.
3	Tres horas es muy poco tiempo para dar todos los temas y explicar una buena cantidad de ejercicios.
4	Se deberían hacer más quices virtuales para tener aún más referentes con los que se pueda estudiar.
5	La metodología del profesor es excelente, no le encuentro crítica alguna.
6	El desempeño del curso al final depende del interés de cada estudiante, porque el profesor nos da todas las herramientas para afrontar la asignatura.
7	Sería bueno que el profesor colocara los enunciados correspondientes a cada ejercicio resuelto en clase.
8	Para los excelentes profesores que tiene la asignatura y el nivel de la Universidad del Norte, deberían elevar radicalmente el nivel del curso; no cabe duda de que será más difícil ganar, sin embargo, es necesario el desarrollo lógico de los estudiantes, ya que como ingenieros en los próximos semestres ya no será tan brillante la solución a muchos problemas, más que todo, métodos mecánicos.
9	Excelente profesor. Desde mi perspectiva, la metodología utilizada es excelente, la mayoría de las notas bajas son por errores algebraicos.

## 6.2. Resultados: pregunta de investigación 2

Esta pregunta de investigación se midió por los efectos en las calificaciones de un punto relativo al tema del video que se evaluó en el segundo parcial de 2014-10. Para realizar la observación del efecto del video, el acceso solo fue dado a los estudiantes del profesor Prato. Según datos de la encuesta virtual respondida por 75 estudiantes (82 %), solo 22 estudiantes (23.9 %) vieron el video.

En la Figura 13 mostramos diferentes variables cuantitativas recolectadas en el segundo examen parcial. Presentamos el promedio de la valoración, en cada curso, de la pregunta relacionada con el tema del video, junto con el número de estudiantes evaluados y el número de estudiantes que aprobaron la pregunta, finalmente, el porcentaje de aprobación asociado a la pregunta.

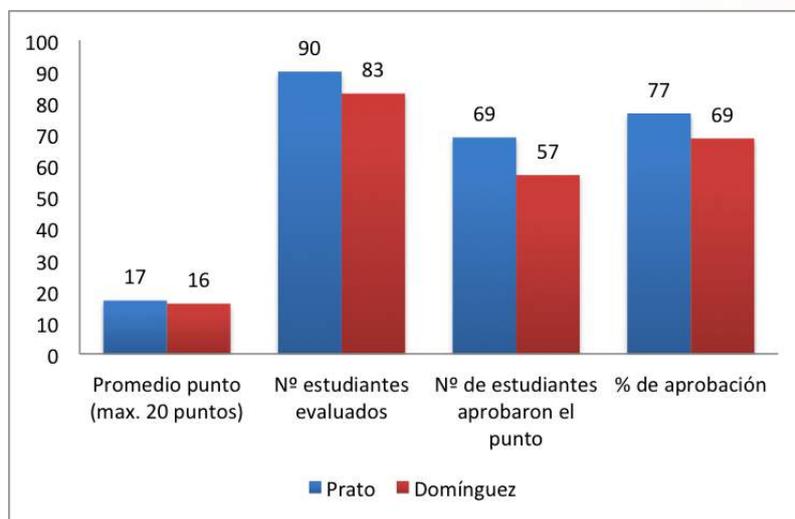


Figura 13. Resultados del segundo parcial y punto asociado al video en los cursos magistrales del semestre 2014-10

La tabla 6 contiene algunos comentarios u observaciones escritas por los estudiantes en la encuesta virtual. Se aprecia una reacción positiva al instrumento, lo cual permite valorar su significancia para el proceso de aprendizaje.

**Tabla 6. Comentarios de estudiantes concernientes al video obtenidos en la encuesta virtual**

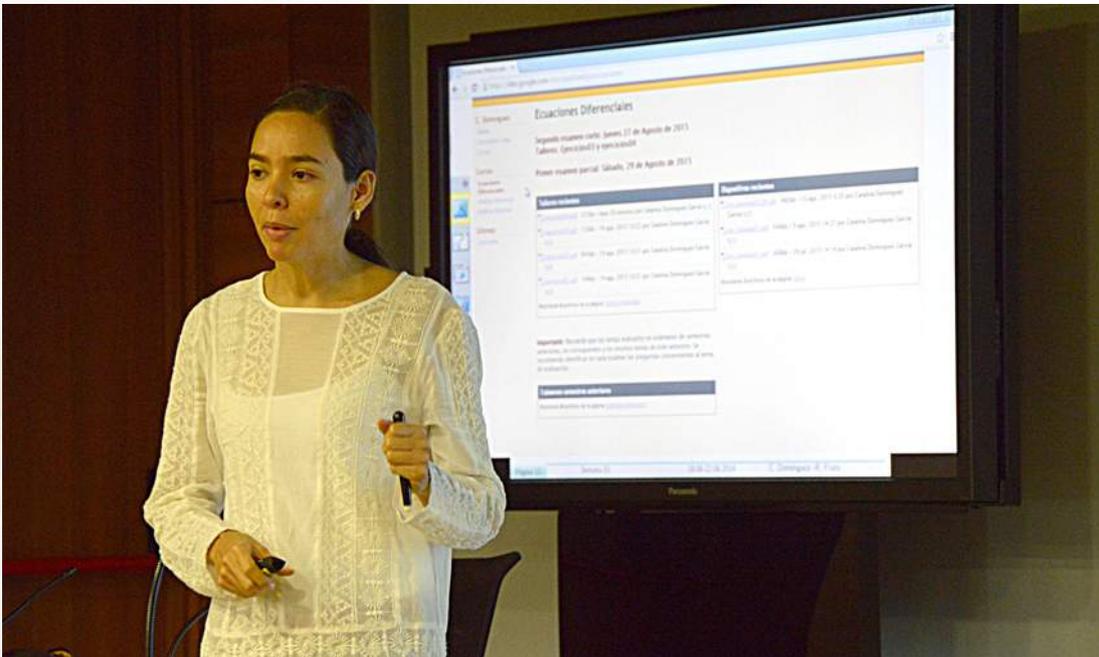
<b>Comentarios a la pregunta: ¿Qué fue lo más le gustó del video?</b>
Resulta una buena estrategia como dato curioso para despertar interés tanto en nosotros los estudiantes de EDO como de cualquier otra persona que no esté vinculada, directamente, a esto.
Mezclar un ejemplo real, de la vida diaria, con lo visto en clase.
La idea que lo asemeja con la vida diaria, clara explicación.
Muchas veces el estudiante critica el no saber para qué se usan los teoremas vistos en clase, y este tipo de videos ayuda a derrumbar ese mito.
Me gustó el video por la situación que usó del enfriamiento del café para inducir la explicación por medio de la asignatura, en este caso, Ecuaciones Diferenciales; asimismo me gustó el video porque es bastante claro en las explicaciones y la forma gráfica para mostrarlas.
La forma de explicación, y el ejemplo. El hecho de que este te da la constancia que lo visto en clases tiene de alguna manera un sentido, sea práctico o no, y además es una situación que podemos ver a diario.
Que nos mostró una aplicación más tangible de las Ecuaciones Diferenciales.
<b>Comentarios a la pregunta: En su opinión, ¿fue útil el video para su aprendizaje del tema aplicaciones y problemas de enfriamiento y calentamiento? En caso afirmativo, ¿por qué?</b>
Porque es una manera más agradable de saber cómo modelar Ecuaciones Diferenciales para problemas de la vida cotidiana.
Con ayuda del video pude entender mejor por qué suceden las cosas, e introduce el tema a un caso de la vida diaria.
Es útil porque hace más fácil la comprensión del tema dado a partir de una aplicación (en el diario vivir) de la ley de enfriamiento.
De esta manera pude aclarar muchas dudas que antes de ver el video eran difíciles de resolver, y después de ver el video pude resolver de manera más fácil los ejercicios.
Aunque en la clase haya entendido lo concerniente a lo teórico e incluso su aplicación práctica, siempre cobran más sentido las clases cuando son asociadas a situaciones diarias y sencillas mediante herramientas visuales e interactivas.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1. Asociados a pregunta de investigación 1

Al comparar el porcentaje de aprobación de los cursos magistrales de cada profesor, se observa que, en el semestre 2014-10, los dos profesores obtuvieron los porcentajes más altos de los tres semestres analizados (figura 12). Sin embargo, en los cursos no magistrales, se obtuvieron porcentajes de aprobación un poco más bajos, si se compara con los semestres anteriores en grupos con este mismo formato; sin embargo, estos valores se encuentran dentro del rango histórico de no aprobación de un curso de Ecuaciones Diferenciales en la Universidad del Norte.

Lo anterior se explica porque las estrategias pedagógicas implementadas están orientadas particularmente a los cursos magistrales, de manera que estas pudiesen suplir la falta de interrelación profesor-estudiante y disminuir la influencia de ciertos factores negativos, como son la falta de atención y la falta de motivación en el aula de clase y por fuera de ella. En los cursos no magistrales, también se presentan estos mismos factores negativos, pero su influencia en la tasa de aprobación es menor. Pues la interrelación con el profesor es más activa, y esto ayuda a superar (no por completo) este tipo de factores, al identificar a los estudiantes con dificultades, por lo que los correctivos se pueden tomar de forma rápida.



En los resultados de la encuesta virtual (tabla 2), se observa por parte de los estudiantes el uso y la aplicación de las diferentes estrategias, además, una clara aceptación y entusiasmo por su parte ante las estrategias implementadas, ello reflejado en el gran número de comentarios positivos compartidos por los estudiantes.

## 7.2. Asociados a pregunta de investigación 2

Al analizar la figura 13, se concluye que la observación del video educativo no tuvo influencia en la ponderación de la pregunta asociada al tema del video en el segundo examen parcial. Si bien el porcentaje de aprobación es levemente mayor en el curso para el cual estuvo disponible el video, los resultados de la encuesta virtual muestran que solo 29 % vio el video y, en general, estos no tuvieron un desarrollo adecuado en el punto concerniente al tema presentado en el video. Sin embargo, entre los estudiantes que observaron el video (Tabla 4), la mayoría de los encuestados tuvo una opinión favorable del video, por lo que se constituyó un factor de motivación para el desarrollo del curso.



## CONCLUSIONES

- Las estrategias pedagógicas aplicadas ayudaron a aumentar la tasa de aprobación en los cursos magistrales de Ecuaciones Diferenciales en la Universidad del Norte, debido principalmente a que las estrategias se enfocaron en apartes del aprendizaje activo (Barkley, 2010) por fuera del aula.
- Las estrategias pedagógicas fortalecieron el trabajo independiente por parte de los estudiantes y posibilitaron la acción de corregir preconceptos de los cálculos diferencial e integral, los cuales son una de las principales causas de mortalidad en estos cursos.
- Las estrategias les facilitaron a los docentes el manejo de grupos grandes en el aula, principalmente por el uso de diapositivas y talleres semanales, que permitieron a los estudiantes consultar el material tratado en la semana.

- Las estrategias incrementaron el número de consultas (en oficina), enfocadas a preguntas más específicas sobre los temas tratados, y se notó la identificación de conceptos y tópicos centrales de la asignatura.
- Los docentes asociados al proyecto continuarán aplicando todas las estrategias implementadas, aunque para el semestre 2014-30 se implementará la realización de exámenes cortos quincenales, los cuales representan 10 % de la nota final, a fin de continuar fortaleciendo el trabajo activo de los estudiantes por fuera de clase (Angus y Watson, 2009; Clinton y Kohlmeyer, 2005). Además, se continuará con un proceso de mejoramiento y reedición de los talleres, diapositivas y quices virtuales.
- Aunque solo se realizó un video educativo, es notoria la motivación e interés generados en los estudiantes por el tema abordado en el video, lo cual a su vez confirma la investigación de Dupuis, Coutu y Laneville (2013). Sin duda, se deben realizar más videos similares para otros tópicos del curso.

## RECOMENDACIONES

Entre las dificultades más notorias durante la realización de este proyecto, destaca la construcción y edición de los distintos materiales de las estrategias. Cada una de ellas representó un trabajo arduo que requirió mucho tiempo y análisis. El interés mostrado por los estudiantes fue uno de los ítems que más sorprendió a los docentes en este proyecto. En especial, observar cómo varios de aquellos solicitaban la publicación puntual de los talleres y las diapositivas semanales, además del incremento en la calidad y el nivel de las distintas preguntas formuladas en cuanto al tema.

## IMPLICACIONES

- Mejoramiento de las competencias de los estudiantes de ingeniería en cálculo diferencial y cálculo integral.
- Diseño de materiales educativos para futuros cursos.

## REFERENCIAS

- Angus, S. D. y Watson, J. (2009). Does regular online testing enhance student learning in the numerical sciences? Robust evidence from a large data set. *British Journal of Educational Technology*, 40(2), 255-272.
- Barkley, E. F. (2010). *Student engagement techniques: A handbook for college faculty*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Bajpai, A. C., Calus, I. M. y Simpson, G. B. (1970). An approach to the teaching of ordinary differential equations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1(1), 39-54.
- Bishop-Clark, C. y Dietz-Uhler, B. (2012). *Engaging in the scholarship of teaching and learning: A guide to the process, and how to develop a project from start to finish*. Sterling, VA: Stylus.

- Clinton, B. D. y Kohlmeyer, J. M. (2005). The effects of group quizzes on performance and motivation to learn: Two experiments in cooperative learning. *Journal of Accounting Education*, 23(2), 96-116.
- Dupuis, J., Coutu, J. y Laneuville, O. (2013). Application of linear mixed-effect models for the analysis of exam scores: Online video associated with higher scores for undergraduate students with lower grades. *Computers and Education*, 66, 64-73.
- Herington, C. y Weaven, S. (2008). Action research and reflection on student approaches to learning in large first year university classes. *The Australian Educational Researcher*, 35(3), 111-134.
- Hill, J. y Nelson, A. (2011). New technology, new pedagogy? Employing video podcasts in learning and teaching about exotic ecosystems. *Environmental Education Research*, 17(3), 393-408.
- Klegeris, A. y Hurren, H. (2011). Impact of problem-based learning in a large classroom setting: student perception and problem-solving skills. *AJP: Advances in Physiology Education*, 35(4), 408-415.

## CAPÍTULO 6

# APRENDIZAJES DE LA EXPERIENCIA CAMBIO MAGISTRAL 2

### **Adela de Castro**

Profesora investigadora  
Departamento de Español  
Coordinadora de la Unidad de Innovación e Investigación  
[decastro@uninorte.edu.co](mailto:decastro@uninorte.edu.co)

### **Anabella Martínez Gómez**

Investigadora  
[anbellam@uninorte.edu.co](mailto:anbellam@uninorte.edu.co)

### **Dick Guerra Flórez**

Asistente de investigación  
Unidad de Innovación e Investigación  
[dickg@uninorte.edu.co](mailto:dickg@uninorte.edu.co)

### **Sabrina de la Hoz**

Estudiante en práctica  
Unidad de Innovación e Investigación  
[delahozd@uninorte.edu.co](mailto:delahozd@uninorte.edu.co)

## RESUMEN

Para la realización de este capítulo de conclusión, se elaboró un metaanálisis con las conclusiones, recomendaciones e implicaciones de cada uno de los proyectos que constituyen los capítulos de este texto, para darles una mirada holística a los aprendizajes generados en las experiencias de Cambio Magistral 2, tanto para los estudiantes como para los docentes participantes del programa Transformación de Curso: Cambio Magistral 2, y así estimar el tamaño de su efecto.

Al valorar las conclusiones de los proyectos aquí presentados tanto en lo que respecta a lo que manifestaron aprender los profesores de sus experiencias de innovación como lo que la evidencia de los estudiantes indicó, surgieron las siguientes categorías que sirven para agrupar los principales resultados.

## 1. APRENDIZAJE Y TOMA DE CONCIENCIA

No se demuestra en la investigación paralela indicios de un incremento en el aprendizaje de los estudiantes si se comparan los datos de los cursos que no fueron intervenidos en el primer semestre de la experiencia (semestre de diseño de las investigaciones de aula de los docentes involucrados en el programa) con los datos de los cursos donde se desarrolló la intervención. Al respecto, unos autores indican que esto probablemente se debió a la mayor exigencia en la forma de evaluar en el semestre de intervención.

Otros dos autores indican que, aunque no se logró precisar una diferencia en el aprendizaje de los estudiantes, sí se estableció un cambio en el grado de conciencia de los aprendices en cuanto a la toma de conciencia del uso de conceptos, principios y leyes de física para los proyectos en esta asignatura. Asimismo, mencionan que es importante que se trabaje más en la conceptualización en las clases magistrales desde la perspectiva institucional, es decir que se defina a través de políticas institucionales el tipo de experiencia de aprendizaje que se pretende desarrollar para los estudiantes en este tipo de cursos, los recursos de tipo tecnológico, humano y didáctico con los cuales contará el profesor para que se pueda realizar mejor una interacción docente-estudiante tanto en las clases magistrales como en las complementarias, con el fin de apoyar más el aprendizaje de los estudiantes.



Otros autores señalan, como parte del aprendizaje de los estudiantes, la aplicación consciente de las recomendaciones dadas sobre estudio por los docentes en las clases complementarias, que fueron de tendencia más de estudio individual que grupal. Por su parte, otros autores señalan que, aunque no se tienen resultados que indiquen cambios significativos en el aprendizaje de los estudiantes, sí se obtuvo mejoría en las tasas de reprobación de la asignatura. Atribuyen esto en parte a las estrategias de aprendizaje activo, específicamente las estrategias planteadas por Barkley (2010).

Varios de los autores indican que observaron con interés que los estudiantes tomaran conciencia de que a las clases de laboratorio van a tomar datos sobre una experiencia empírica complementaria de las clases conceptuales magistrales, lo cual les permitió ver con más claridad la relación entre los conceptos y la vida real.

En lo que sí están todos los autores de acuerdo es en la necesidad de darles a los estudiantes una retroalimentación “justo a tiempo” cuando estos expresan sus dificultades en el aprendizaje; esta implica la inmediata intervención y retroalimentación de información a los estudiantes, ya sea de las respuestas acertada, ya sea de las desacertadas entregadas por los aprendices (Pagano, 2013). Los autores coinciden en que brindarle al estudiante una retroalimentación oportuna en su proceso de aprendizaje hará que este la valore como útil y pertinente. Esto puede llevar a despertarles la necesidad de crear conciencia sobre la importancia de la reflexión, el análisis y el desarrollo de su propio aprendizaje.

## **2. SATISFACCIÓN**

Los resultados globales de la investigación paralela llevada a cabo aseveran que la ejecución de proyectos de investigación de aula mejoraron la satisfacción de los estudiantes, además de promover y estimular la aparición de conductas y procesos cognitivos asociados a los proyectos de innovación que se estén probando.

## **3. MOTIVACIÓN**

De las cuatro experiencias presentadas en este texto, tres corresponden a experiencias desarrolladas en clases de física. Dichas asignaturas de física son parte del plan de estudios de todos los programas de ingeniería en la Universidad del Norte. Los profesores que desarrollaron proyectos en asignaturas de física están de acuerdo en que la aplicación de la física a experiencias de la vida real o para explicar fenómenos físicos parece generar una imponderable motivación y un vigoroso entusiasmo en los estudiantes. Asimismo, consideran que hacerlos partícipes de la clase, dejar de lado el esquema tradicional de clases centradas en el docente, hizo que los estudiantes se involucraran más en su propio aprendizaje y dejaran de lado la apatía que frecuentemente se evidencia en los primeros días del curso.

Sugirieron que la construcción de rúbricas que pudieran ayudar a la evaluación de los estudiantes, así como ayudarlos en la observación de los fenómenos físicos en el laboratorio, son un punto a favor de los proyectos de investigación de aula desarrollados.

## **4. IMPLICACIONES DE ESTE TIPO DE EXPERIENCIAS**

En términos generales, los profesores identificaron algunas implicaciones de los resultados de los proyectos emprendidos en el programa Cambio Magistral 2, que van más allá de los resultados que generaron dichos proyectos en el aprendizaje de los estudiantes.

En primer lugar, los profesores señalaron que la experiencia de Transformación de Curso en general los llevó a reflexionar sobre la necesidad de diseñar actividades creativas que involucren aún más a los estudiantes en su propio aprendizaje. Se destaca como importante la reflexión hecha por los docentes sobre la necesidad de desarrollar niveles más críticos en la comprensión lectora de sus estudiantes, pues esto conlleva una mejor comprensión de los conceptos disciplinares, y que estos puedan ser experimentados y comprendidos a cabalidad. Esta conclusión es significativa dada las disciplinas en las cuales se desarrollaron los proyectos: física y matemáticas, ya que existe la idea de que para ser exitosos en ellas los estudiantes deben tener altos niveles de desempeño en razonamiento cuantitativo. Si bien esta competencia es fundamental para el aprendizaje en estas asignaturas, la conclusión de los profesores que participaron en Cambio Magistral 2 es que es igualmente importante que los estudiantes tengan buena habilidad de comprensión lectora, pues, por el contrario, no podrán identificar lo que los problemas les piden resolver y entonces sí desplegar las habilidades de razonamiento cuantitativo exigidas para resolverlos.



Como segunda implicación, los profesores perciben el aprendizaje sobre el diseño de materiales que ayudaron a propiciar aprendizaje más activo en sus estudiantes como una ganancia para ellos, más cuando muchos indican que dichos materiales los pueden seguir usando y que son la base para el diseño de otros materiales en otras asignaturas. En conclusión, los profesores consideran que los materiales educativos que diseñaron y usaron en la experiencia de Cambio Magistral 2 son sostenibles, pues declaran su intención de continuar usándolos en otras asignaturas. Por tanto, el efecto de la innovación en la práctica pedagógica que desarrollan los profesores trasciende la asignatura específica implicada en el proyecto para abarcar otras a cargo del docente.

Como tercera implicación, el efecto de las evaluaciones frecuentes y del uso de dispositivos de respuesta inmediata, por ejemplo los clickers, se valora como una herramienta muy importante para que los docentes puedan identificar de forma ágil e inmediata las dificultades que tienen los

estudiantes en la comprensión de conceptos. Aun cuando las experiencias se llevaron a cabo con grupos numerosos, muchos de estos docentes se preguntan cuál sería el impacto del uso de estas herramientas en cursos regulares y en el aprendizaje de estudiantes en estos tipos de grupos. En otras palabras, al ver los docentes la utilidad de ciertas herramientas tecnológicas en clases numerosas, se preguntan por los beneficios que estas herramientas pudieran traer en asignaturas de otro perfil.

## 5. RECOMENDACIONES DE LOS DOCENTES

Todos apuntan hacia la necesidad de tiempo adicional para poder realizar cambios profundos en la forma de enseñar sus asignaturas. En este tipo de proyectos, tanto el docente como el estudiante se ven inmersos en actividades que los ayudan a confrontar sus propios paradigmas sobre la enseñanza y el aprendizaje, y es necesario poder contar con tiempo para expresar convenientemente estas reflexiones, y que ellas ayuden a otros docentes tanto en cursos magistrales como en otros tipo de asignaturas. Asimismo, consideran necesario inmiscuir a más profesores en talleres que les ayuden a comprender la necesidad de aprender sobre su propia práctica pedagógica. Convertir, como lo establece Boyer (1990), la docencia en una fuente de conocimiento.



Al mismo tiempo, determinan que, para la realización de este tipo de proyectos de investigación de aula, es sustancial tener acompañamiento sobre aspectos epistemológicos y metodológicos de la investigación educativa, además del apoyo de asistentes de investigación para la recolección de datos, la generación de estadísticas e interpretación.

Asimismo, recomiendan la realización de una miniferia de experimentos y proyectos estudiantiles desarrollados en el interior de las asignaturas, para que estudiantes de otras puedan ver, aprender y reflexionar sobre los resultados de aprendizaje de otros estudiantes. En su defecto,

sugieren que se pueda construir una página web de libre acceso, donde el profesor pueda subir las experiencias más significativas de los estudiantes cada semestre, y que sirva para apoyar el aprendizaje de la física de manera abierta.

Por último, pero no menos importante, se sugirió la conservación de los instrumentos elaborados en los proyectos para su implementación en las asignaturas en los siguientes semestres, así como la elaboración de videos con explicaciones conceptuales complementarios para el estudio de los estudiantes.

En términos generales, los resultados de los proyectos presentados en este texto indican que no hay fórmula mágica para afrontar los retos que se presentan en las clases magistrales, por lo que los profesores que describen sus experiencias de innovación comparten el deseo de querer que sus estudiantes aprendan. Fue esta motivación, junto con la oportunidad materializada en la convocatoria de Cambio Magistral 2, lo que llevó a la implementación de las innovaciones descritas, todas apuntadas al horizonte de una mejor experiencia de aprendizaje para sus estudiantes. Si bien los resultados en el aprendizaje generado en los estudiantes durante el semestre de la intervención no son concluyentes, los beneficios de la experiencia de realizar la innovación va más allá de las asignaturas involucradas en la convocatoria y lleva a los profesores a proyectar una implementación sostenida de los recursos desarrollados y estrategias diseñadas.

## REFERENCIAS

- Barkley, E. F. (2010). *Student engagement techniques: A handbook for college faculty*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Boyer, E. L. (1990). *Scholarship reconsidered*. Nueva York: The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Pagano, M. M. (2013). Aplicando el aprendizaje entre pares y la enseñanza justo a tiempo en un curso de Álgebra Lineal. En Actas del VII CIBEM. Recuperado de: <http://www.cibem7.semur.edu.uy/7/actas/pdfs/196.pdf>

## Autores



### **Anabella Martínez Gómez**

Psicóloga por la Universidad del Norte (Colombia), magíster en Bienestar Universitario por el Teachers College, Columbia University (USA). Doctora en Educación con énfasis en Educación Superior por la misma Universidad. Docente investigadora del Departamento de Educación y directora del Centro para la Excelencia Docente de la Universidad del Norte. [anbellam@uninorte.edu.co](mailto:anbellam@uninorte.edu.co)

### **Karen Parra de la Rosa**

Psicóloga por la Universidad del Norte (Colombia). Asistente de investigación del Centro para la Excelencia Docente de la Universidad del Norte. [dkaren@uninorte.edu.co](mailto:dkaren@uninorte.edu.co)



### **Tomás Rada Crespo**

Licenciado en Matemáticas y Física por la Universidad del Atlántico (Colombia). Especialista en Ciencias Físicas por la Universidad Nacional de Colombia y Doctor en Física por la University of Saint Andrews, posdoctorado en Materiales por la Helmholtz-Zentrum Berlin (Alemania). Docente investigador del Departamento de Física y Geociencias de la Universidad del Norte (Colombia). [trada@uninorte.edu.co](mailto:trada@uninorte.edu.co)

### **María Fernanda Guzman Rada**

Ingeniera Industrial por la Universidad del Norte (Colombia). Asistente de investigación de varios proyectos del Centro para la Excelencia Docente Uninorte, entre otros “Conexión entre los conceptos físicos aprendidos en el aula de clase y el mundo real cotidiano a través de la realización y análisis de videos” e “Investigación paralela, aprendizaje basado en equipos”. Coordinadora de riesgos generales, Proserpuertos Ltda. Profesional de apoyo a la gestión en la Subgerencia de Análisis y Diagnóstico, Instituto Colombiano Agropecuario.



### **Álvaro González García**

Licenciado en Matemáticas y Física por la Universidad del Atlántico (Colombia). Master of Science por la State University of New York at Buffalo (USA) y magíster en Física Aplicada por la Universidad del Norte (Colombia). Especialista en Física General por la Universidad del Norte, y en Evaluación Educativa por la Universidad Santo Tomás (Colombia). Docente investigador del Departamento de Física de la Universidad del Norte. [alvarogonzalez@uninorte.edu.co](mailto:alvarogonzalez@uninorte.edu.co)

### **Juan Carlos Miranda Crespo**

Licenciado en Matemáticas y Física por la Universidad del Atlántico (Colombia). Especialista en Ciencias Físicas por la Universidad Nacional de Colombia y magíster en Ciencias Físicas por la Universidad del Atlántico. Docente investigador del Departamento de Física y Geología de la Universidad del Norte (Colombia). [jmiranda@uninorte.edu.co](mailto:jmiranda@uninorte.edu.co)



### **Erick Tuirán Otero**

Físico y Magister Scientiae por Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Ciencias Naturales por la Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Alemania). Docente investigador del Departamento de Física de la Universidad del Norte (Colombia). [etuiran@uninorte.edu.co](mailto:etuiran@uninorte.edu.co)

### **Catalina Domínguez García**

Matemática por la Universidad del Valle (Colombia). Magíster en Matemáticas por la misma universidad y Doctora en Ciencias Naturales (Matemáticas Aplicadas) por la Leibniz Universität Hannover (Alemania). Docente investigador del Departamento de Matemáticas de la Universidad del Norte (Colombia). [dcatalina@uninorte.edu.co](mailto:dcatalina@uninorte.edu.co)





**Ricardo Antonio Prato Torres**

Licenciado en Matemáticas por la Universidad del Atlántico (Colombia). Magíster en Matemáticas por la Universidad Nacional de Colombia y Universidad del Norte (Colombia). Doctor en Ciencias Naturales (Matemáticas Aplicadas) por la Leibniz Universität Hannover (Alemania). Docente investigador del Departamento de Matemáticas de la Universidad del Norte.  
[rprato@uninorte.edu.co](mailto:rprato@uninorte.edu.co)

**Adela de Castro**

Licenciada en Educación con Especialización en Lenguas Modernas por la Universidad de La Salle (Colombia). Magíster en Logopedia y Terapia del Lenguaje por el Centro Médico de Ciencias del Lenguaje y magíster en Formación de Profesores de Español como Lengua Extranjera por la Universidad de León (España). Docente investigadora del Departamento de Español de la Universidad del Norte (Colombia) y coordinadora de la Unidad de Innovación e Investigación del Centro para la Excelencia Docente de la Universidad del Norte.  
[decastro@uninorte.edu.co](mailto:decastro@uninorte.edu.co)



**Dick Guerra Flórez**

Psicólogo por la Universidad del Norte (Colombia). Becario Roble Amarillo 2006-2010. Asistente de investigación del Centro para la Excelencia Docente de la Universidad del Norte. Coinvestigador en diferentes investigaciones del área de la docencia universitaria.  
[dickg@uninorte.edu.co](mailto:dickg@uninorte.edu.co)

**Sabrina de la Hoz Reyes**

Practicante de Psicología Educativa en el Centro de Excelencia Docente de la Universidad del Norte (Colombia). Estudiante de la Maestría en Trastornos Cognitivos y del Aprendizaje de Universidad del Norte. [delahozd@uninorte.edu.co](mailto:delahozd@uninorte.edu.co)



Transformar para

# Educar 2

INVESTIGACIÓN EN CLASES NUMEROSAS



**cedu**  
CENTRO PARA LA EXCELENCIA DOCENTE

**UN** UNIVERSIDAD  
DEL NORTE