



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Evaluar intervención pedagógica identificando dificultades en el aprendizaje de conceptos: corriente, tensión y energía**

**Luis Carlos Manuel Flórez Gámez**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ingeniería

Bogotá, Colombia

2024



# **Evaluar intervención pedagógica identificando dificultades en el aprendizaje de conceptos: corriente, tensión y energía.**

**Luis Carlos Manuel Flórez Gámez**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ingeniería Eléctrica**

Director (a):  
Ph.D., René Alexander Soto

Línea de Investigación:  
Enseñanza en la ingeniería  
Grupo de Investigación:

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de ingenierías  
Bogotá, Colombia  
2024



## *Dedicatoria*

*La escritora Rosa Montero, en uno de sus libros más profundos, afirmó: “como no he tenido hijos, lo más importante que me ha sucedido son mis muertos, (...) la muerte de mis seres queridos”. Suscribo esas palabras, no sin antes honrar el nacimiento de mis sobrinos. Este último hecho, junto con la pérdida de mis seres queridos, constituyen los pilares más significativos de mi existencia.*

*Por esta razón, el libro se lo dedico a mis sobrinos José y Ana, con la esperanza de que encuentren en el amor por el estudio la forma más auténtica de amar la vida. También a la memoria de Pedro; su recuerdo se asemeja a las estrellas distantes, esas cuya luz viaja durante años por el espacio antes de que podamos contemplarla, y que incluso seguimos viendo cuando ya no existen. Así mismo el recuerdo de mi amigo continúa iluminando mi vida, a pesar de que ya no está.*



## Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Nombre: Luis Carlos Manuel Flórez Gámez

Fecha 30/01/2024

## **Agradecimientos**

A los profesores de circuitos eléctricos I de la Universidad Nacional del año 2022, así como a sus estudiantes que permitieron realizar esta investigación. A mi director de tesis por su apoyo y dedicación, sin su guía y su paciencia no habría logrado mantener la motivación necesaria para finalizar este proyecto. A mis padres y mis hermanas por creer en mí.



## Resumen

### **Evaluar intervención pedagógica identificando dificultades en el aprendizaje de conceptos: corriente, tensión y energía**

En la comunidad educativa de ingeniería eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, se investigaron los problemas comunes en la interpretación de los conceptos de energía eléctrica, corriente y tensión. Esto mediante la evaluación de una intervención pedagógica implementada en estudiantes de la asignatura de circuitos eléctricos I durante los periodos académicos de 2022 (semestres I y III). La intervención diseñada para abordar problemas en el aprendizaje conceptual, se centró en enfoques microscópicos y macroscópicos de los conceptos clave de la asignatura.

La evaluación de la intervención se llevó a cabo mediante un inventario de conceptos aplicado a dos grupos, el grupo experimental (que recibió la intervención) y el grupo de control (que no la recibió). Se compararon estadísticamente los resultados de ambos grupos y se encontraron ventajas cuantitativas del grupo experimental. A pesar de las ventajas se destaca la prevalencia de dificultades conceptuales básicas, que atenuadas, persisten en los estudiantes pasado el tiempo de intervención.

La revisión bibliográfica de estudios similares realizados en esta universidad y en otras, revela un alto interés en las comunidades dedicadas a la enseñanza de circuitos eléctricos por abordar las dificultades en el aprendizaje conceptual. Los posibles impactos del proyecto se esperan en la formación de profesionales de ingeniería eléctrica y electrónica, así como la promoción de la investigación en educación de ingeniería. Además, se aspira a reducir los porcentajes de deserción en estas carreras, originados por posibles problemas de aprendizaje conceptual.

**Palabras clave:** Intervención pedagógica, problemas de aprendizaje conceptual, investigación en educación, índices de dificultad.

X      Evaluar intervención pedagógica identificando dificultades en el aprendizaje de  
conceptos: corriente, tensión y energía

---

# Abstract

## **Assessing Pedagogical Intervention by Identifying Learning Challenges in Concepts: Current, Voltage, and Energy**

In the educational community of electrical and electronic engineering at the Universidad Nacional de Colombia, Bogotá campus, common challenges in interpreting concepts of electrical energy, current, and voltage were investigated. This was achieved through the evaluation of a pedagogical intervention implemented among students enrolled in the course "Electric Circuits I" during the academic periods of 2022 (semesters I and III). The intervention, designed to address conceptual learning issues, focused on microscopic and macroscopic approaches to key subject concepts.

The intervention's evaluation utilized a concept inventory applied to two groups: the experimental group (which received the intervention) and the control group (which did not). Statistical comparison of both groups revealed quantitative advantages for the experimental group. Despite these advantages, the persistence of basic conceptual difficulties in students was noted beyond the intervention period.

A review of similar studies conducted within this university and elsewhere underscores a high interest among communities dedicated to teaching electrical circuits in addressing conceptual learning challenges. The potential impacts of this project are anticipated in the training of electrical and electronic engineering professionals, as well as in promoting research in engineering education. Furthermore, the project aims to reduce dropout rates in these disciplines stemming from potential conceptual learning difficulties.

**Keywords:** Engineering education, Conceptual learning problems, education research, Misconceptions.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XV</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XVI</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>2</b>
1.1. Marco teórico .....	3
1.2. Antecedentes, revisión de la literatura y estado del arte.....	8
1.2.1. Investigaciones sobre problemas conceptuales, impactos y sus posibles soluciones .....	8
1.2.2. Aprendizaje experiencial en los conceptos de energía, tensión y corriente....	10
1.2.3. Elementos para evaluar el estado conceptual.....	11
<b>2. Planteamiento del problema, causas y efectos.....</b>	<b>13</b>
2.1. Justificación.....	14
2.2. Preguntas de investigación .....	15
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>16</b>
3.1. General: .....	16
3.2. Específicos:.....	16
<b>4. Intervención pedagógica, captura y actividades para procesamiento de datos.....</b>	<b>17</b>
4.1. Características de la intervención pedagógica .....	17
4.2. Captura de información: .....	19
4.2.1. Inventario de conceptos:.....	20
4.2.2. Libro de códigos: .....	23
4.3. Actividades:.....	27
4.3.1. Recolección de datos grupo experimental y de control .....	28
4.3.2. Recolección de datos durante la intervención pedagógica con el grupo experimental.....	28
4.3.3. Periodo de la intervención pedagógica: .....	29
4.3.4. Procesamiento de datos con inventario de conceptos (IC): .....	29
4.3.5. Análisis de resultados libro de códigos: .....	32
4.3.6. Análisis de resultados inventario de conceptos:.....	32
<input type="checkbox"/> Grado de dificultad por pregunta.....	33
<input type="checkbox"/> Ganancia de Hake:.....	34
<b>5. Resultados y análisis de resultados.....</b>	<b>36</b>

5.1. Resultados y análisis de aplicación de DIRECT:.....	36
5.1.1. Resultados globales test 1 y 2.....	36
<input type="checkbox"/> Grado de dificultad por pregunta .....	38
<input type="checkbox"/> Resultados por eje temático. ....	42
5.1.2. Análisis de resultados globales test 1 y 2. ....	45
<input type="checkbox"/> Diagnóstico inicial.....	46
<input type="checkbox"/> Contraste y diagnóstico final.....	47
5.1.3. Resultados separados por grupo de control y experimental. ....	49
<input type="checkbox"/> Grado de dificultad por pregunta .....	49
<input type="checkbox"/> Resultados por eje temático. ....	51
5.1.4. Análisis de resultados separados por grupo de control y experimental.....	52
<input type="checkbox"/> Análisis estadístico:.....	53
<input type="checkbox"/> Ganancia de Hake por estudiante: .....	57
<input type="checkbox"/> Ganancia de Hake por reactivo. ....	61
<input type="checkbox"/> Ganancia de Hake diferenciando los objetivos .....	66
5.2. Resultados y análisis de aplicación del libro de códigos. ....	75
5.2.1. Resultados y análisis libro de códigos a preguntas del direct .....	75
5.2.2. Resultados y análisis libro de códigos aplicado al grupo experimental durante el semestre. ....	83
<b>6. Conclusiones, discusión y trabajos futuros .....</b>	<b>93</b>
6.1. General.....	93
6.2. Específicas .....	94
6.2.1. Instrumento para identificar y cuantificar los problemas .....	94
6.2.2. Efectos de la intervención pedagogía .....	95
6.3. Discusión y trabajos futuros .....	95
6.4. Limitaciones.....	99
<b>A. Anexo: Inventario de conceptos DIRECT .....</b>	<b>101</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>115</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Ilustración 1-1</b> Categorías principales en el análisis del conocimiento. ....	5
<b>Ilustración 1-2.</b> Transposiciones de la matemática .....	7
<b>Ilustración 4-1</b> Diagrama de flujo procedimiento para procesar resultados del inventario de conceptos. ....	31
<b>Ilustración 5-1</b> Número de reactivos clasificados por franjas del índice de dificultad.....	40
<b>Ilustración 5-2.</b> Circuito para pregunta 29. Fuente: DIRECT. ....	79
<b>Ilustración 5-3.</b> Circuitos para la pregunta 12. Fuente: DIRECT.....	80
<b>Ilustración 5-4.</b> Circuito de la pregunta 28. Fuente: DIRECT.....	82

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 4-1.</b> Ejes temáticos y objetivos evaluados por reactivo en el inventario de conceptos. ....	22
<b>Tabla 4-2.</b> Número de preguntas asociadas con el eje temático de tensión, corriente y energía.....	23
<b>Tabla 4-3.</b> Libro de códigos para evaluar los conceptos básicos. ....	26
<b>Tabla 4-4.</b> Libro de códigos para evaluar el uso de conceptos a nivel microscópico, macroscópico y el uso de modelos matemáticos. ....	27
<b>Tabla 4-5.</b> Periodo de la intervención pedagógica. ....	29
<b>Tabla 4-6.</b> Franjas de clasificación del nivel de dificultad.....	34
<b>Tabla 4-7.</b> Rangos del factor de ganancia de Hake []. ....	35
<b>Tabla 5-1.</b> Población que presentó el test 1.....	37
<b>Tabla 5-2.</b> Población que presentó el test 2.....	37
<b>Tabla 5-3.</b> Índice de dificultad normal y con efecto azar- Test:1 y 2- población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3. ....	39
<b>Tabla 5-4.</b> Distribución por franjas de dificultad de los reactivos que evalúan energía, corriente y tensión-Test: 1 y 2-Población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3 .....	41
<b>Tabla 5-5.</b> Índices de dificultad inferiores a 0.3 - test 1 y 2 - población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3 .....	43
<b>Tabla 5-6.</b> Resultados reactivos difíciles por eje temático - Test: 1 y 2 - Población: Estudiantes 2022 periodos 1 y 3. ....	44
<b>Tabla 5-7.</b> Observaciones particulares de resultados presentados en <b>Tabla 5-6</b> -Test 1 y 2 –Población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3 .....	45
<b>Tabla 5-8.</b> Resumen estadístico de resultados-Test 1(izquierda) y 2 (derecha)- Población: estudiantes semestre 1 y 3 .....	47
<b>Tabla 5-9.</b> Prueba de normalidad Shapiro Wilk-Test 1 y 2-Población: estudiantes semestres 1 y 3.....	48
<b>Tabla 5-10.</b> Índice de dificultad con efecto azar- Test:1 y 2- población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3 grupo experimental. ....	50
<b>Tabla 5-11.</b> Índice de dificultad con azar-Test 1 y 2-Población estudiantes 2022 periodos 1 y 3 grupo control .....	51
<b>Tabla 5-12.</b> Resultados separados por grupos y por eje temático - Test: 1 y 2 - Población: Estudiantes 2022 periodo 1.....	52
<b>Tabla 5-13.</b> Prueba de normalidad resultados separados por grupos-Test 1 y 2- Población Estudiantes periodos 1 y 3 .....	54



<b>Tabla 5-14</b> Prueba F y t student entre grupos-Test 1 y 2- Población Estudiantes periodos I y III .....	56
<b>Tabla 5-15</b> Prueba F para varianzas de dos muestras y t student por grupos-Test 1 y 2- Población Estudiantes periodos I y III .....	57
<b>Tabla 5-16.</b> Rango de los resultados calculados de la ganancia de Hake. ....	60
<b>Tabla 5-17.</b> Ganancia de Hake por reactivo-Test 1 y 2-Población estudiantes periodo I y III .....	62
<b>Tabla 5-18.</b> Prueba F y T-student resultados factor de Hake. ....	63
<b>Tabla 5-19</b> Ganancia de Hake gráfica por reactivo-Test 1 y 2-Población estudiantes periodo I y III .....	64
<b>Tabla 5-20</b> Ganancia de Hake gráfica por reactivo y eje temático-Población estudiantes periodo I .....	67
<b>Tabla 5-21.</b> Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, energía-grupo experimental-Población: Estudiantes periodo 1-2022 .....	68
<b>Tabla 5-22</b> Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake tensión-grupo experimental-Población: Estudiantes periodo 1-2022 .....	69
<b>Tabla 5-23</b> Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, corriente-grupo experimental-Población: Estudiantes periodo 1-2022 .....	69
<b>Tabla 5-24</b> Ganancia de Hake gráfica por reactivo y eje temático-Población estudiantes periodo III .....	70
<b>Tabla 5-25</b> Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, energía-grupo experimental y control-Población: Estudiantes periodo 3-2022.....	71
<b>Tabla 5-26</b> Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, tensión-grupo experimental y control-Población: Estudiantes periodo 3-2022.....	73
<b>Tabla 5-27</b> Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, corriente-grupo experimental y control-Población: Estudiantes periodo 3-2022.....	74
<b>Tabla 5-28.</b> Preguntas ubicadas en el primer decil-test 1 -Población periodos I y III de 2022 .....	76
<b>Tabla 5-29.</b> Orden de las preguntas de mayor a menor dificultad-Test 1- Población periodos I y III de 2022 .....	76
<b>Tabla 5-30.</b> Respuestas a pregunta 1. ....	77
<b>Tabla 5-31.</b> Respuestas a pregunta 20 .....	78
<b>Tabla 5-32.</b> Respuestas a pregunta 29 .....	79
<b>Tabla 5-33.</b> Respuestas a pregunta 12 .....	80
<b>Tabla 5-34.</b> Respuestas a pregunta 24 .....	81
<b>Tabla 5-35.</b> Respuestas a pregunta 28 .....	82
<b>Tabla 5-36.</b> Preguntas entrevista 1 y 3 de 2022-Población: grupo experimental. ....	84
<b>Tabla 5-37.</b> Ficha de resultados entrevista estudiante S1-4 .....	85
<b>Tabla 5-38.</b> Temas de los controles de lectura-periodos 1 y 3 de 2022-Población: grupo experimental.....	87
<b>Tabla 5-39.</b> Ficha de resultados control de lectura estudiante S1-4 .....	88
<b>Tabla 5-40.</b> Ficha de resultados control de lectura estudiante S1-17 .....	89
<b>Tabla 5-41.</b> Ficha de resultados control de lectura estudiante S1-23 .....	90





# 1. Introducción

La interpretación correcta de los conceptos de energía eléctrica, corriente y tensión es fundamental en la formación de estudiantes de ingenierías relacionadas con la electrotecnia. Sin embargo, se ha observado que muchos estudiantes presentan dificultades en el entendimiento profundo de estos conceptos, lo que puede eventualmente generar vacíos conceptuales persistentes a lo largo de su carrera. Esta investigación se enfoca en abordar esta problemática y explora estrategias para mejorar la comprensión de los estudiantes en estas áreas.

Para comprender mejor los desafíos en el aprendizaje de estos conceptos, se ha realizado una revisión de la literatura académica que analiza las dificultades encontradas en estudiantes que están incursionando en el campo de la electrotecnia. Además, se ha revisado el impacto de estas dificultades en el proceso formativo y se han identificado posibles estrategias para mitigar el problema.

Con el fin de validar y abordar estos problemas en el contexto de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, se llevó a cabo la evaluación de una intervención pedagógica en el curso de circuitos I. Esta intervención se ha diseñado específicamente para profundizar los conceptos de tensión, corriente y energía eléctrica a nivel macroscópico y microscópico. Para evaluar la efectividad de esta intervención, se utilizan instrumentos como un inventario de conceptos, encuestas y entrevistas, que permiten identificar y cuantificar los problemas conceptuales que enfrentan los estudiantes.

Los resultados de esta investigación se comparan entre aquellos estudiantes que recibieron la intervención pedagógica y aquellos que siguieron el método convencional. Se analiza cuantitativa y cualitativamente la mejora en la comprensión de los conceptos antes y después de la intervención. Asimismo, se buscan las razones detrás de los posibles

problemas identificados y se sugieren oportunidades de mejora en los métodos pedagógicos.

Este proyecto busca impactar en la formación de profesionales del área eléctrica y promover la investigación en educación de ingeniería. Al abordar las dificultades de aprendizaje de tipo conceptual, se espera probablemente disminuir los porcentajes de deserción en estas carreras y presentar elementos que sustenten la necesidad de mejorar eventualmente la calidad de la formación académica. A lo largo de este estudio, se generan herramientas relevantes y prácticas que contribuyan al avance de la educación en ingeniería y a la formación de profesionales competentes en el campo de la electrotecnia.

## 1.1. Marco teórico

Las dificultades en el aprendizaje conceptual en el campo de la electricidad, probablemente se remontan a la manera como la enseñanza en general, se fue ramificando desde la antigüedad. La educación ha sido una parte integral del desarrollo de la civilización occidental desde la antigüedad hasta finales del siglo XIX. De acuerdo con [1] iniciando el siglo XIX el sistema educativo no presentaba tantas asignaturas de manera independiente o separada como se hace en la actualidad.

Por ende, la formación tenía más un concepto integrado que abarcaba diversas disciplinas, tales como la filosofía, las matemáticas, la química, la física y la historia natural. Esta forma de educación se enfocaba en una comprensión globalizada del conocimiento, en lugar de una especialización temprana. Dicha especialización es una de las principales características de la educación occidental actual [1].

En la medida en que el conocimiento se iba especializando, se empezaron a separar por áreas que iban tomando sus propias bases teóricas. Si bien, esta separación ha traído beneficios en términos de detalle en la enseñanza y la investigación, también ha generado una barrera para el análisis holístico de algunos conceptos fundamentales. Para el caso de las ciencias básicas que describen fenómenos más complejos como la electricidad (en el contexto de la ingeniería) han favorecido una disminución en la comprensión amplia e interconectada del mundo macroscópico y su fundamento a nivel microscópico.

La ausencia entonces de un análisis transversal de las bases teóricas posibilita que los conceptos de ingeniería, sustentados en teorías de las ciencias básicas, se aborden como elementos aislados, aun cuando en su mayoría tienen un origen conceptual común. En consecuencia, resulta fundamental promover en la ingeniería una educación que permita un aprendizaje integral con las ciencias básicas, de manera que quienes están aprendiendo puedan aplicarlas de forma efectiva en la solución de problemas.

Según investigaciones recientes [2] desde la infancia (niños de cuarto y quinto grado de escuela primaria), las personas tienen dificultades en entender los temas relacionados con electricidad. Ello porque no son preparadas para comprender cómo los circuitos eléctricos más básicos que les rodean se rigen por los principios fundamentales de la ciencia. Estas dificultades pueden interferir fácilmente con el aprendizaje futuro de los estudiantes en estas áreas [2]. Los alumnos les creen a sus preconceptos sobre electricidad y los circuitos eléctricos simples, en parte por no recibir instrucción en las aulas. Instrucción que les dé la oportunidad para reconstruir sus conceptos y que estos coincidan con las teorías científicas [2].

Los estudios revelan que los estudiantes se aferran a las pre concepciones incluso cuando ya han recibido nueva instrucción al respecto y se culpa de esto al poco conocimiento de los docentes en la materia y los recursos pedagógicos necesarios para la enseñanza eficaz y significativa [2]. También se ha establecido que los estudiantes prefieren mantener ideas preconcebidas basadas en la experiencia y en consideraciones intuitivas, las cuales permanecen hasta llegar en ocasiones a una formación técnica o profesional [2].

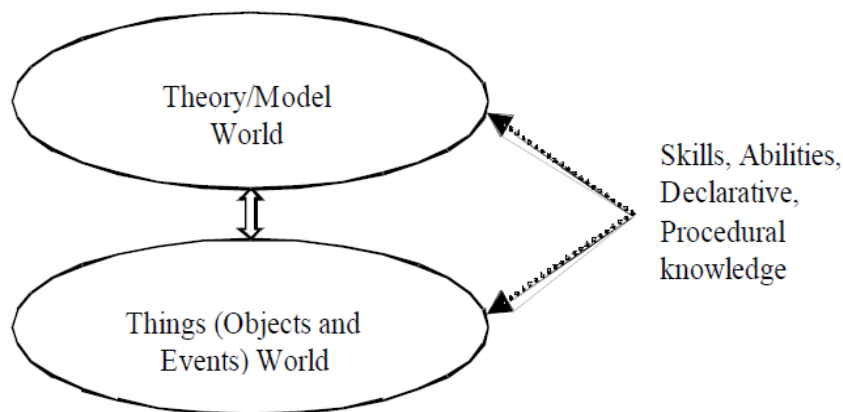
Una forma de atacar este problema es fomentar una educación interdisciplinaria, equilibrada entre la especialización y la educación. Preferiblemente amplia para favorecer una comprensión profunda de los fenómenos complejos en la ingeniería. Lo anterior implica que el maestro está llamado a estructurar la instrucción mediante preguntas capciosas y retroalimentación constante para aumentar habilidades de procesamiento cognitivo y tener herramientas para estimar el nivel de certeza conceptual de un estudiante [2].

Para estimar el nivel de certeza conceptual inicial que tiene un estudiante sobre los conceptos de electricidad, no basta sólo en hacer una prueba cerrada, de opción múltiple, sino que también se sugiere tener como respaldo, preguntas abiertas que puedan recopilar mediante entrevistas con los estudiantes u otros elementos que los expongan a describir textualmente los fenómenos [2].

A partir de la problemática anterior, se desarrollan diversos estudios que pretenden identificar las dificultades y buscar disminuir su efecto en el aprendizaje. Dentro de la búsqueda por eliminar las posibles barreras que se puedan presentar durante el aprendizaje de conceptos específicos y su base teórica, se establece que llevar a la práctica lo que se enseña en el aula, puede dar una experiencia significativa de aprendizaje. En referencia a [3] se ha propuesto la sistematización del mundo teórico y el mundo práctico como categorías principales para realizar análisis del conocimiento (**Ilustración 1-1**). Tal categorización cobra especial relevancia cuando se requiere estructurar un laboratorio, concebido como un entorno de aprendizaje.

Poder plantear las relaciones importantes entre los modelos físicos y los eventos observables es una tarea que denota alta complejidad. Por ello, Anna-Karin Cartensen en [3], resalta la conclusión conjunta a la que se llegó en una conferencia de educación física en la Universidad de Tufts, donde indican que “Las conexiones entre conceptos, representaciones formales y el mundo real, a menudo fallan después de la instrucción tradicional. Los estudiantes necesitan práctica repetida para interpretar el formalismo de la física y relacionarlo con el mundo real”.

**Ilustración 1-1** Categorías principales en el análisis del conocimiento.



Fuente: ilustración tomada de [3]

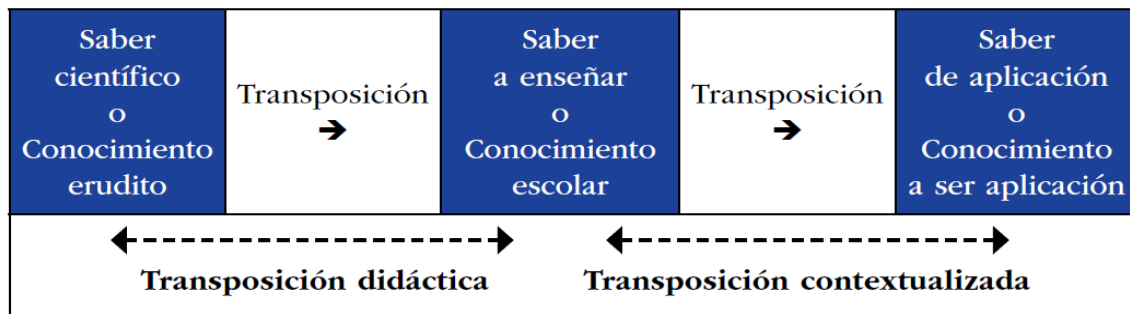
Vincular la teoría con la práctica es una fórmula que ya se ha venido usando, su finalidad es verificar y contrastar los postulados teóricos con la experimentación que valide tales postulados. No obstante, las investigaciones arrojan que tal fin no se alcanza siempre exitosamente. Una de las razones por las cuales sucede esta situación, se debe a que el estudiante no genera un vínculo entre el aprendizaje del aula y el del laboratorio, sino que, al laboratorio va a generar resultados para informar y al aula va a aprender [3].

De hecho, los alumnos suelen dar explicaciones incorrectas, desde el punto de vista de la física, a distintos resultados del laboratorio y problemas científicos. Tales explicaciones se pueden entender, con base en la psicología cognitiva, como una consecuencia de los modelos causales con los que los estudiantes asocian los conceptos. Estos modelos son la representación mental o simbólica de como algunos eventos están relacionados entre sí en términos de causa y efecto (entender la causa para aceptar el efecto).

En referencia [4] se presenta una distinción entre el objeto que se pretende enseñar, el objeto de aprendizaje representado y el objeto de aprendizaje vivido. El primero trata sobre el tema que el maestro espera que el estudiante aprenda, el segundo es “el espacio de aprendizaje constituido en un entorno de aprendizaje, es decir, lo que hace posible que el estudiante aprenda”. El tercero es la forma en que “los estudiantes ven, entienden y le dan sentido al objeto de aprendizaje, es decir, lo que los estudiantes realmente han aprendido cuando termina la enseñanza”.

De acuerdo con [4], cuando se usan por ejemplo las matemáticas en la ingeniería, se generan 2 transposiciones para ir del “saber científico” al “saber a enseñar” y de este al “saber de aplicación”. De tal manera que el conocimiento a enseñar es uno y cuando se usa en la ingeniería es otro (**Ilustración 1-2**). Situación que favorece la pérdida de relación que se mantiene entre estos tres saberes.



**Ilustración 1-2.** Transposiciones de la matemática

Fuente: Imagen tomada de [4]

Esta situación también sucede por ejemplo con el uso aplicado de la ley de ohm en los circuitos de corriente continua y su baja o ninguna vinculación con otros temas del electromagnetismo, particularmente a la circulación de campo eléctrico [5]. Un estudio presentado en [5] destaca la importancia del campo eléctrico y analiza el razonamiento causal de los estudiantes universitarios para explicar el funcionamiento de los circuitos de CC, se pudo establecer que existe una diferencia entre la comprensión macroscópica y microscópica. A nivel macroscópico (nivel más usado) los estudiantes usan un razonamiento relacional en el que se incluye la conservación de la corriente, mientras que sólo una minoría puede dar explicaciones a nivel microscópico con razonamiento unidireccional de causa y efecto[5].

En conclusión y con base en lo planteado en este apartado, uno de los aspectos críticos en el aprendizaje de los circuitos eléctricos, incluye la comprensión de los conceptos básicos, su correlación y la capacidad de aplicarlos a situaciones prácticas. Además, destaca la importancia de poder aplicar las teorías de aprendizaje y metodologías de investigación educativa, en el diseño de la enseñanza de la ingeniería. Carstensen nos enseña en [3] que “aprender es experimentar el mundo de nuevas maneras, analizar el aprendizaje es analizar nuevas formas de permitir a los estudiantes experimentar su mundo”, por ende, es necesario revisar los métodos pedagógicos de enseñanza y las maneras de evaluar el proceso de aprendizaje de los estudiantes para retroalimentar dichos métodos, con base en las nuevas tendencias y retos educativos.

## **1.2. Antecedentes, revisión de la literatura y estado del arte**

Existen numerosos estudios que hablan sobre las dificultades enfrentadas por los estudiantes al aprender sobre electricidad. Sobre estos se pueden agrupar cuatro tipos de dificultades. La primera es la abstracción, la cual hace referencia a los fenómenos involucrados que suelen ser abstractos e invisibles [2], [4].

La segunda son las matemáticas asociadas para modelar los fenómenos, que requieren formación en esta área y algunos conocimientos profundos[3]. La tercera tiene que ver con analogías inadecuadas que se presentan para casos particulares que terminan generalizándose y la cuarta con los conceptos fundamentales mal comprendidos o elaborados [3], [4], [5]. De igual forma, estos estudios presentan distintas maneras de abordar las dificultades, desde aumentar las prácticas de laboratorio [3] como el uso de recursos virtuales y de simulación [6], así como la retroalimentación continua y la enseñanza activa.

En este apartado se presentarán los estudios que permitan aproximarse a las distintas investigaciones que han venido tratando estos problemas. Estos particularmente en lo referente a los conceptos de tensión, corriente y energía/potencia. Se identifican tres elementos a revisar, investigaciones sobre problemas conceptuales, estrategias de solución de problemas conceptuales y elementos de evaluación para identificación y seguimiento de problemas conceptuales.

### **1.2.1. Investigaciones sobre problemas conceptuales, impactos y sus posibles soluciones**

Aprender integralmente el concepto de energía eléctrica a nivel universitario, implica tener una concepción clara sobre el significado de tensión, corriente y su relación causal entre ellos. Tal claridad, elimina la idea de que estas magnitudes son reemplazables indistintamente (confundir la causa con el efecto) [5].

Sin embargo, uno de los problemas más comunes, de acuerdo con [5], es que los estudiantes suelen sustituir algunos parámetros con otros como si fuesen homólogos. Para

ilustrar este problema, el autor cita como ejemplo el concepto de corriente. Este es asociado muchas veces por los estudiantes, como una magnitud que “se gasta” al pasar por una resistencia o una bombilla. Lo anterior debido a que los alumnos suelen relacionar la corriente y la energía como conceptos homólogos, reemplazables y en muchos casos, iguales.

Dicho inconveniente también ha sido identificado por [6], quien plantea que el éxito de un estudiante de ingeniería relacionado con la electrotecnia, es aprender circuitos. Como solución la necesidad de un aprendizaje más práctico apela al uso de la realidad aumentada. Puesto que los estudiantes a menudo tienen dificultades para comprender el concepto básico de tensión, resistencia y corriente. Lo anterior debido, en principio, a una falta de relación práctica con la electrostática y sus efectos en la cotidianidad [5] [6].

Diferentes trabajos reportan que buena parte de las dificultades obedecen a la mala concepción macroscópica y microscópica que se tiene de los fenómenos físicos asociados con la electricidad [4], [5], [7]. Se aprende a reducir circuitos elaborados con arreglos de varias resistencias y fuentes en serie y paralelo para encontrar equivalentes de una sola fuente y resistencia. Pero a pesar de lo anterior, se ignora el funcionamiento del circuito eléctrico básico y sus parámetros, puesto que los conceptos se memorizan, pero no siempre se entienden [5],[7].

En ese sentido [8] establece que comprender fenómenos físicos genera la necesidad de identificar y encontrar los conceptos clave. Entendidos dichos conceptos clave como aquellos que mejoran el aprendizaje y abren la posibilidad de un conocimiento profundo, haciendo análisis macroscópicos sin perder de vista lo que sucede a nivel atómico o microscópico. Para que, por ejemplo, el concepto de impedancia no sea el de una caja negra, sino que se tenga una visión epistemológica del concepto junto con las áreas que la emplean [4].

En [11] Engelhardt investigó la comprensión de los estudiantes de física sobre los circuitos eléctricos resistivos en corriente continua. Se hizo uso de un cuestionario para evaluar el aprendizaje conceptual. Los resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes no saben aplicar los conceptos básicos de electricidad en la solución de problemas que tienen asociados circuitos resistivos.

Particularmente, los estudiantes muestran problemas para entender cómo fluye la energía eléctrica a través de los elementos del circuito y cómo se relaciona con la resistencia. Finalmente, el estudio sugiere que se debe prestar mayor atención a la enseñanza de los conceptos básicos. Para cumplir este fin, se propone buscar distintas estrategias tanto de enseñanza como de evaluación de lo aprendido, para ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión profunda y aplicada de los conocimientos sobre los circuitos eléctricos.

### **1.2.2. Aprendizaje experiencial en los conceptos de energía, tensión y corriente**

El aprendizaje experiencial consiste en adquirir conocimientos a través de la experiencia, en este caso, lograda a través de laboratorios y talleres prácticos. No obstante, las dificultades que tienen los estudiantes al aprender conceptos básicos sobre electricidad o magnetismo, es que requieren imaginar o experimentar el efecto para aceptar la causa. En un estudio realizado con estudiantes de física en México [9] se emplearon cuestionarios y entrevistas para recopilar datos que permitieran aproximarse a como interpretan las líneas de campo eléctrico y su comprensión de los conceptos de campo y superposición.

Los resultados de este, demostraron que los estudiantes interpretan las líneas de campo como objetos físicos y no como representaciones de la dirección y magnitud de un fenómeno del que se pueden sentir sus efectos, pero no observarse, al menos, no de forma directa. Dicho estudio, también ha permitido identificar que los estudiantes fácilmente elaboran raciocinios incorrectos o incompletos sobre los conceptos de electricidad y magnetismo, teniendo en cuenta que estos conocimientos no son necesariamente intuitivos y tampoco son cotidianamente verificables con los sentidos. Sin embargo, según dicho estudio es posible encontrar elementos prácticos que permitan una experiencia indirecta con los efectos de la electricidad y/o el magnetismo.

En una investigación cuasi-experimental [2] se dividió un grupo de niños para validar la instrucción en circuitos eléctricos. Uno de los grupos aprendió a través de un libro interactivo y los demás mediante el método de enseñanza tradicional. Los resultados muestran que los niños que usaron un libro que les permitió aprender de forma interactiva

y práctica obtuvieron un mejor desempeño en las pruebas de comprensión de conceptos básicos.

De acuerdo con [2] la instrucción basada en actividades interactivas y de participación, es el modo más apropiado para desarrollar la comprensión científica de los conceptos clave. Tales actividades prácticas deben tener un propósito explícito y propender por exponer a los estudiantes a experimentar los fenómenos de forma segura y ayudarlos a reconocer eventuales conflictos entre las ideas preconcebidas y los nuevos conceptos. El método de aprendizaje activo tiene dentro de sus premisas que *“los estudiantes retienen más cuando son capaces de manipular, modificar y controlar experimentos relacionados con el curso impartido, poniendo así en práctica lo que están aprendiendo”*. En ese sentido, algunas herramientas como las aplicaciones móviles, se vuelven muy útiles para mejorar el aprendizaje conceptual y aumentar la motivación de los estudiantes al controlar con sus teléfonos móviles algunos experimentos [6]

### **1.2.3. Elementos para evaluar el estado conceptual**

Para evaluar el estado conceptual de un estudiante, es esencial establecer mecanismos que posibiliten la discriminación de su conocimiento. En la referencia [10] se ofrece un análisis comparativo de cuatro tipos de inventarios de conceptos. Estos inventarios se conciben como instrumentos de evaluación centrados en los conceptos fundamentales.

Estos conceptos son críticos para el desarrollo de un conocimiento avanzado en una determinada área. La utilización de inventarios suele llevarse a cabo tanto en etapas iniciales como finales con el propósito de evaluar la eficacia en la enseñanza. Los inventarios de conceptos que incorporan preguntas de opción múltiple, eligen distractores fundamentados en investigaciones que identifican los conceptos erróneos preexistentes de los estudiantes [10].

El inventario de conceptos DIRECT, denominado así por sus siglas en inglés, es una evaluación desarrollada con amplia evidencia estadística y según sugiere [10], este es el más adecuado para estudiantes de primer año de ingeniería y ciencias. Con lo anterior, este estudio permite inferir que para evaluar el estado conceptual de estudiantes que inician el aprendizaje de circuitos, este proporciona una buena medición. Adicionalmente

sirve como herramienta de seguimiento a la evolución del aprendizaje conceptual de corriente, tensión, energía y arreglos básicos de circuitos.

---

## 2. Planteamiento del problema, causas y efectos

El estudio inicial de los conceptos básicos de tensión, corriente y energía, es fundamental para generar las bases cognitivas sobre las que se construirán las nociones más elaboradas en los profesionales de las áreas de electrotecnia. Por tal razón, no entender, ni identificar las dificultades y retos en la manera como se construyen las estructuras conceptuales de estos postulados, durante el proceso formativo del estudiante iniciático, puede llegar a ser determinante en la mala formación de los demás ejes temáticos que constituyen el proceso de formación profesional.

Las principales razones por las que no se logra que un estudiante entienda los conceptos de manera adecuada pueden ser, primero, el carácter abstracto de algunos postulados de circuitos eléctricos. Segundo, los raciocinios preconcebidos teóricamente incorrectos. Tercero, las confusiones causa-efecto de los fenómenos físicos. Cuarto, las generalizaciones de postulados teóricos que sólo aplican a problemas particulares, entre otros.

Incapaces de construir una estructura conceptual coherente a nivel cualitativo y cuantitativo por igual, los estudiantes y sus formadores basan la sensación de aprendizaje de un concepto en un resultado. Dicho resultado termina en una respuesta correcta, generalmente numérica. Lo anterior, sin considerar que algunos resultados cuantitativamente correctos se basan en análisis cualitativos que denotan razones teóricamente equivocadas.

Como consecuencia principal de esta problemática quedan probablemente algunos estudiantes, al final de un curso básico de circuitos, con una asignatura aprobada y con

vacíos teóricos y conceptuales. Situación que favorece una eventual deserción del programa o poco interés en continuar una formación de posgrado en estas áreas.

## **2.1. Justificación**

Como se mencionó anteriormente, identificar las causas detrás de las dificultades que enfrentan los estudiantes al aprender los conceptos de tensión, corriente y energía eléctrica, es crucial para poder diseñar estrategias efectivas de enseñanza que aborden el problema subyacente. Para poder lograrlo, son necesarias las mediciones que busquen identificar patrones de respuesta, en la forma en que los estudiantes responden a preguntas de índole conceptual. Esto es especialmente relevante en la primera asignatura disciplinar/profesional de la agrupación circuitos y campos (circuitos I), donde se construyen las primeras bases conceptuales.

Las mediciones se deben realizar por medio de uno o varios instrumentos, que, a través de respuestas cualitativas y cuantitativas, miden la diferencia (si la hay) entre los métodos de enseñanza tradicionales y una intervención pedagógica diseñada para abordar los principales problemas en el aprendizaje conceptual. Tales problemas identificados según la evidencia de los estudios del estado del arte, atacando las causas analizadas por dichos estudios y encontrando las causas propias de la población objeto de este estudio cuasiexperimental.

Con estos resultados, se podrá visibilizar la pertinencia de los métodos tradicionales en la formación de las nuevas generaciones de profesionales del área electrotécnica de la Universidad Nacional Sede Bogotá. De igual manera, se podrá corroborar si los problemas que se han identificado en otros estudios, son también los problemas que afectan a la comunidad estudiantil de dicha institución o si son otros, y si una intervención pedagógica es suficiente para atacarlos. En suma, este estudio comparativo proporciona una comprensión más profunda de los problemas de aprendizaje conceptual que enfrentan los estudiantes y puede sugerir enfoques pedagógicos más efectivos al tener herramientas cualitativas y cuantitativas que respalden dichas sugerencias.



## 2.2. Preguntas de investigación

Las preguntas que se pretenden resolver al desarrollar este proyecto buscan identificar: ¿Cuáles son las principales dificultades que tienen los estudiantes del área de electrotecnia de la universidad nacional en la comprensión de los conceptos de tensión, corriente y energía eléctrica en el curso de circuitos eléctricos I?; asimismo, se plantea saber ¿cómo influyen las dificultades en la comprensión de los conceptos de tensión, corriente y energía eléctrica en el rendimiento académico de los estudiante en el curso de circuitos eléctricos I? y ¿cuál es el impacto de una intervención pedagógica en la disminución de las dificultades en la comprensión de los conceptos de tensión, corriente y energía eléctrica en el curso de circuitos eléctricos I?

## 3. Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos que se van a alcanzar con el desarrollo de este proyecto.

### 3.1. General:

- Evaluar la efectividad de una intervención pedagógica en los estudiantes de circuitos I de la Universidad Nacional, diseñada para disminuir los principales problemas en el aprendizaje de los conceptos de energía, tensión y corriente.

### 3.2. Específicos:

- Seleccionar un instrumento que permita identificar y cuantificar los problemas que tienen los estudiantes de la primera asignatura disciplinar/profesional de la agrupación circuitos y campos, al aprender los conceptos de tensión, corriente y energía eléctrica.
- Evaluar una intervención pedagógica con un grupo experimental, en el cual se profundicen los conceptos de tensión, corriente y energía eléctrica a nivel macroscópico y microscópico.
- Establecer la efectividad de la metodología implementada, según análisis cualitativo de los resultados de la medición antes y después de la intervención.

---

## 4. Intervención pedagógica, captura y actividades para procesamiento de datos.

Este capítulo presenta los elementos característicos de la intervención pedagógica y la manera cómo los mismos permiten, durante ella, hacer recolección de información para dar seguimiento al proceso de aprendizaje de los estudiantes del grupo experimental. Asimismo, se presenta la forma como se captura la información que permite contrastar los resultados de los grupos experimental y de control. Finaliza el capítulo con el detalle de las actividades para la recolección de datos, el periodo de tiempo de la intervención, la manera de procesar los datos recolectados y el mecanismo de análisis.

Vale la pena definir los grupos de estudiantes en los cuales se han considerado dividirlos para este estudio. Primero, el grupo de control consiste en un grupo de estudiantes que no han recibido un tratamiento diferente al de la enseñanza tradicional. Entendido el método de enseñanza tradicional como la presentación de la temática sin la intervención pedagógica. El experimental, en contraste, como el grupo que recibe la intervención pedagógica.

### 4.1. Características de la intervención pedagógica

Considerando los estudios presentados en este documento y que muestran las falencias en el aprendizaje de los conceptos básicos de tensión, corriente y energía de los estudiantes, luego de la asignatura que aborda tales conceptos, este proyecto evalúa la efectividad de una intervención pedagógica para disminuir estas eventuales falencias. La intervención pedagógica propende por abordar los objetivos curriculares de la asignatura circuitos eléctricos I, a partir de un enfoque microscópico y macroscópico de los fenómenos

físicos. De esta forma se busca que el estudiante desarrolle un conocimiento que pueda partir de un buen análisis cualitativo, para llegar a resultados cuantitativos que reflejen en él, una coherencia interna lógica entre los postulados teóricos y su relación con los distintos problemas que hacen parte de la asignatura.

La intervención genera elementos de análisis sobre las maneras que los estudiantes abordan los tópicos de la asignatura. Los alumnos además del método de seguimiento tradicional lección-quiz-parcial, tienen espacios de discusión presenciales y virtuales, donde interactúan durante el proceso de aprendizaje de las lecciones. Tales espacios permiten el seguimiento de la manera como se adentran en las temáticas de la disciplina. Por lo anterior, la intervención pedagógica hace un seguimiento que permite analizar el proceso formativo y cómo se pueden mejorar los procesos de enseñanza cuando un tema se discute entre individuos que están abordando, por primera vez, los argumentos de la asignatura de circuitos eléctricos I.

Dentro de los elementos de análisis cualitativo generados por la intervención, se destacan, primero una entrevista (en formato de quiz con retroalimentación verbal de los estudiantes) realizada al inicio de la intervención pedagógica, con la cual se aproxima a conocer los preconceptos con los que se llega a la asignatura de circuitos eléctricos I. Segundo, un control de lectura al que los estudiantes responden por medio de un cuestionario cerrado, diseñado para validar, más que lo entendido, que hayan revisado el material entregado por el profesor antes de ir al espacio de discusión que se genera en la clase. Unido a lo anterior se pide formular preguntas sobre los problemas que no pudieron resolver, los temas no entendidos o las temáticas que quieren profundizar. Tercero, las respuestas a preguntas abiertas o de opción múltiple, que se generan durante la revisión de la lección en el aula virtual, a través de videos en la plataforma Edpuzzle.

La plataforma Edpuzzle permite que el estudiante revise las temáticas de manera interactiva, con videos que se van interrumpiendo para buscar que él se formule cuestionamientos o responda a preguntas sobre el tema que está aprendiendo. Lo que

busca este tercer elemento es saber: ¿qué sabe el estudiante del tema que se va a presentar?, ¿qué ha entendido del tema tratado? y ¿cómo elementos de su cotidianidad doméstica le hacen más fácil o difícil el aprender algunos conceptos de circuitos eléctricos como tensión, corriente y energía?

## **4.2. Captura de información:**

Dimensionar el problema planteado, requiere tener información sobre el grado de certeza conceptual del estudiante. De esta forma se logran establecer la estrategia adecuadas a la hora de identificar y atacar la raíz de este problema. Una de las formas de tener dicha información sobre el grado de certeza que tiene un estudiante sobre un eje temático, es aplicar un inventario de conceptos.

Encontrar un buen inventario y aplicarlo, establece entonces un indicador para evaluar los procesos de aprendizaje en una población específica. Por lo anterior, se hace necesario encontrar un inventario de conceptos que evalúe las nociones que tienen los estudiantes de ingeniería eléctrica y electrónica antes y después de iniciar el curso de circuitos eléctricos I. De esta manera se puede entender la razón de sus posibles dificultades en los conceptos básicos y plantear estrategias que propendan por la disminución de dichas dificultades.

La captura de información se realiza en 3 etapas: al inicio de la intervención pedagógica con el grupo experimental y de control, en el transcurso de la intervención pedagógica con el grupo experimental y al final de la misma, nuevamente con el grupo de control y el experimental. Cada etapa aborda dos metodologías, la primera de las metodologías tiene que ver con la aplicación de un inventario de conceptos, para ello y dando cumplimiento a lo establecido en este documento, se elige un inventario con base en [10] que evalúa los conceptos de tensión, corriente y energía.

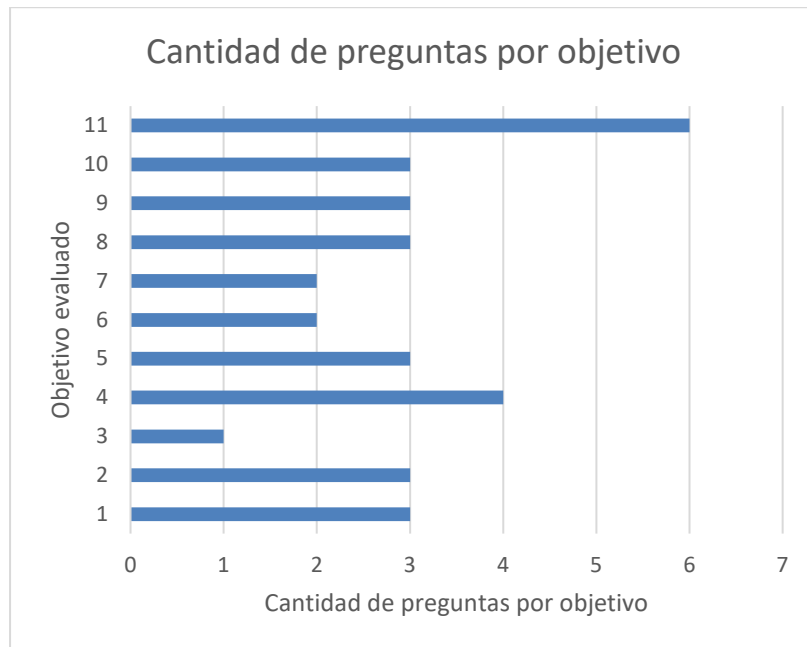
Con los resultados del inventario se identifican y cuantifican los eventuales problemas conceptuales de los estudiantes. Problemas en aspectos que cubren los principales tópicos que se abordan al estudiar circuitos de corriente directa, haciendo énfasis en los

objetivos relacionados con los conceptos de corriente, tensión y energía. La segunda de las metodologías se realiza sobre el grupo experimental, teniendo en cuenta los elementos de análisis cualitativo generados por la intervención pedagógica y estipulados en el numeral anterior (respuesta de los estudiantes a una entrevista previa al inicio de la intervención pedagógica, respuesta a los controles de lectura y formulación de preguntas de los mismos, las respuestas a preguntas que se generan en el Ed Puzzle). Con esta segunda metodología busca hacer seguimiento a las formas como cambian los modos de pensamiento desde el inicio, durante y hasta el final de la intervención pedagógica.

#### **4.2.1. Inventario de conceptos:**

El inventario de conceptos elegido siguiendo lo recomendado por [10] es DIRECT (ver **Anexo 1**), denominado así por sus siglas en inglés (The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test). Este evalúa 11 (once) objetivos, el presente estudio se concentra en los que abordan los conceptos de tensión, corriente y energía y su comprensión desde el punto de vista microscópico y macroscópico. Esto es, los conceptos agrupados en los literales B, C y D (ver Tabla 4-1). A continuación, se presentan los objetivos planteados en el inventario agrupados según las características evaluadas [11] y los objetivos por reactivo.

**Gráfico 4-1.** Número de preguntas por objetivo evaluado en inventario de conceptos



Fuente: el autor

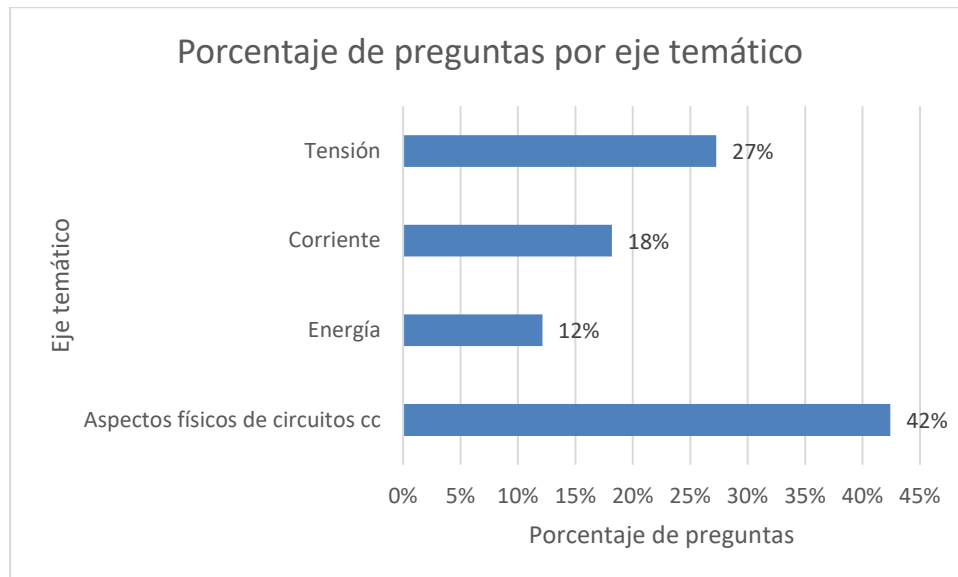
**Tabla 4-1.** Ejes temáticos y objetivos evaluados por reactivo en el inventario de conceptos.

Conceptos evaluados	Objetivo	Número reactivo que evalúa el concepto.	
A. Aspectos físicos de los circuitos de corriente continua	1. Identificar y explicar un cortocircuito	10-19	27*
	2. Comprender el funcionamiento de las dos terminales en los elementos del circuito (puntos posibles para hacer una conexión).	9-18	
	3. Identificar un circuito completo y comprender la necesidad de un camino cerrado para que fluya la corriente en estado estacionario		
	4. Aplicar el concepto de resistencia (el obstáculo para flujo de cargas en un circuito) considerando que la resistencia es una propiedad del objeto, su geometría y el material del que está hecho el objeto, y cómo la resistencia aumenta en serie y disminuye en paralelo	5-30-14-23	
	5. Interpretar dibujos y diagramas de una variedad de circuitos incluyendo serie, paralelo y combinación de los dos	4-13-22	
B. Aspectos relacionados con energía	6. Aplicar el concepto de potencia (trabajo realizado por unidad de tiempo) a una variedad de circuitos	2-12	
	7. Aplicar el concepto de conservación de la energía, incluyendo la ley de Kirchhoff de lazo cerrado ( $\mathcal{E}V = 0$ alrededor de un lazo cerrado) y la batería como fuente de energía.	3-21	
C. Aspectos relacionados con corriente	8. Comprender y aplicar la conservación de corriente (conservación de carga en estado estacionario) a una variedad de circuitos	8-17	26**
	9. Explicar los aspectos microscópicos de la corriente en un circuito mediante el uso de términos electrostáticos como campo eléctrico, diferencia de potencial y la interacción de fuerzas sobre partículas cargadas	1-11-20	
D. Aspectos relacionados con diferencia de potencial (tensión)	10. Aplicar el conocimiento de que la magnitud de la corriente en un circuito depende de la diferencia de potencial sostenida por la batería y la resistencia presente en el circuito	7-16-25	
	11. Aplicar el concepto de diferencia de potencial a una variedad de circuitos. Incluyendo el conocimiento de que la diferencia de potencial en un circuito serie se suma mientras que en un circuito paralelo permanece igual	6-15-24-28-29	26**

\*El reactivo 27 evalúa simultáneamente 3 objetivos (1 al 3).

\*\*El reactivo 26 evalúa simultáneamente 2 objetivos (8 y 11)



**Gráfico 4-2.** Porcentaje de preguntas por eje temático evaluado

La distribución del número de preguntas según el objetivo evaluado se puede apreciar en el **Gráfico 4-2**. El número total de preguntas contestadas es 30. Teniendo en cuenta el alcance de este proyecto, se analizan los resultados de las preguntas que evalúan los conceptos que tienen que ver con energía, corriente y tensión.

**Tabla 4-2.** Número de preguntas asociadas con el eje temático de tensión, corriente y energía.

Tópicos	Número de preguntas	Porcentaje
Energía	4	21%
Corriente	6	32%
Tensión	9	47%
Total de preguntas	19	

#### 4.2.2. Libro de códigos:

Para la segunda metodología (análisis cualitativo) se toman los datos de los controles de lectura de los tópicos de la asignatura agrupados así:

- Análisis de circuitos en ingeniería.
- Elementos de circuito y aplicaciones.
- Técnicas para el análisis de circuitos.
- Teoremas útiles para el análisis de circuitos.
- Elementos almacenadores de energía.

Con esta información se clasifican tanto las respuestas como las preguntas que se formularon los estudiantes. Para dicha clasificación, se busca una estructura sistemática y eficiente que permita categorizar los datos recopilados a partir de una plantilla. Ello implica una hipótesis inicial sobre los tipos de dificultades comunes, agrupadas por conceptos y asociando un código único a esa dificultad para crear una primera versión de la **plantilla**. En esta primera versión de la plantilla, se condensan los problemas que se han identificado en otras investigaciones, tales como [6], [11] [8] [5]. Luego de aplicar esta primera versión, se refinaron los elementos, de acuerdo a los datos recopilados. Este proceso se repitió hasta que la muestra alcanzó la saturación.

Finalizado el proceso iterativo, se obtuvo como se presenta en la Tabla 4-3 y la Tabla 4-4 la plantilla sistemática denominada libro de **códigos** en su versión final. La Tabla 4-3 se concentra en clasificar las dificultades que exhibe el estudiante en los conceptos básicos de tensión, corriente y energía de manera que se busquen causas subyacentes a las dificultades en el aprendizaje de dichos conceptos. Tales causas como ideas preconcebidas, ejemplo de ello el hecho de no reconocer la batería como fuente constante de tensión. A esta dificultad se le ha clasificado con el código CB2.2. y una muestra de dicha dificultad es por ejemplo la que se aprecia con un estudiante en el control de lectura 3 del martes 5 de abril de 2022, cuando manifiesta: “Si se dice que las fuentes de tensión independientes son meramente ideales, las baterías alcalinas que se utilizan constantemente ¿Que tanto ven afectada su valor "predeterminado" respecto a la corriente que la recorra?”

En la Tabla 4-4 se muestra la sistematización de las dificultades que evidencian problemas entre el análisis macroscópico y microscópico. Asimismo, presenta evidencias sobre fallas entre el proceso de transposición contextualizada [4] entre el saber científico y su

modelamiento matemático. Ejemplo de ello como el codificado con el CMM2.2 que presenta la dificultad para discernir entre un resultado matemático y su significado físico. Como muestra de esta dificultad se presenta la evidenciada por un estudiante el día 21 de marzo de 2022 en el control de lectura 5, este manifiesta que “Me pareció complicado el tema de cómo aplicar las técnicas de análisis nodal y de mallas cuando se tiene una fuente corriente que tiene una terminal conectada a un nodo diferente al de referencia. Estuve realizando el taller y el segundo punto no lo pude resolver por ningún método, creo que debe ser problema de conceptos en nodos y no de álgebra”

**Tabla 4-3.** Libro de códigos para evaluar los conceptos básicos.

Ítem	Conceptos básicos	Tipo de dificultad	Código
1	Corriente eléctrica	1.El estudiante asume que siempre la corriente es la causa de la tensión. Viola el principio de causalidad.	CB1.1
		2.La corriente como un fluido que se agota al paso por las cargas de un circuito.	CB1.2
		3.Dirección de la corriente-razonamiento local. Se enfoca en un punto en el circuito e ignora lo que sucede en otros lugares.	CB1.3
		4.Dirección de la corriente-razonamiento secuencial. Un cambio en alguna parte del circuito solo afecta a los elementos que considera están "después" de dicha afectación o cambio.	CB1.4
		5. No identifica cambios en el parámetro de corriente, cuando se cambian las cargas para un circuito con la misma fuente.	CB1.5
2	Tensión	1.No discrimina entre tensión y diferencia de tensión.	CB2.1
		2.No reconoce la batería como fuente constante de tensión.	CB2.2
		3. Razonamiento local, no evalúa la diferencia de tensión considerando el circuito completo, sino evaluando la disposición individual de cada elemento de un mismo circuito.	CB2.3
		4.Establece la tensión como un parámetro que se gasta, según el número de cargas.	CB2.4
		5. No reconoce que puede existir tensión sin que haya corriente entre dos puntos	CB2.5
3	Energía y potencia	1.Confunde la energía con otros parámetros como tensión y corriente	CB3.1
		2.Confunde potencia con diferencia de potencial	CB3.2
		3.Asume que la energía consumida en un circuito depende de la fuente y no de la carga.	CB3.3

**Tabla 4-4.** Libro de códigos para evaluar el uso de conceptos a nivel microscópico, macroscópico y el uso de modelos matemáticos.

Ítem	Uso de conceptos microscópicos, macroscópicos y modelos (gráficos, matemáticos y físicos)	Tipo de dificultad	Código
1	Consecuencia macroscópica de un fenómeno físico que no se comprende por no entender la causa microscópica	1. Confunde la conversión de energía eléctrica a otras formas de energía como consecuencia del gasto de electrones o corriente en un medio.	CMM1.1
		2. Considera la resistencia eléctrica como parámetro dependiente de la corriente y la tensión y no principalmente de la geometría y el material. Ley de ohm macroscópica.	CMM1.2
		3. Resistividad igual a resistencia	CMM1.3
		4. El análisis viola el principio de conservación de la carga eléctrica.	CMM1.4
		5. Desconoce que los electrones están dentro del conductor sin importar que exista o no corriente.	CMM1.5
2	Manejo de conceptos físicos a partir de su modelo matemático	1. Incapacidad para realizar modelos gráficos de modelos matemáticos y viceversa	CMM2.1
		2. Dificultad para discernir entre un resultado matemático y su significado físico.	CMM2.2
		3. Dificultad para correlacionar entre los distintos modelos matemáticos de los parámetros básicos.	CMM2.3
		4. Usa un modelo matemático que no define claramente el concepto que intenta explicar o que no es el adecuado para el análisis. Aplica fórmulas matemáticas sin una correlación teórica lógica.	CMM2.4

### 4.3. Actividades:

En este numeral se presentan y describen las actividades ejecutadas en el proyecto para alcanzar los objetivos. Con estas actividades se buscó generar los datos suficientes para

determinar el grado de certeza conceptual de los estudiantes. Esto antes y después de iniciar el curso de circuitos eléctricos I.

#### **4.3.1. Recolección de datos grupo experimental y de control**

Las siguientes actividades se realizan en dos momentos, antes y después de la intervención pedagógica del grupo experimental. Estas permiten la captura de información necesaria para evaluar la intervención.

- Encuesta donde se evalúan mediante preguntas abiertas los conceptos básicos de circuitos, haciendo hincapié en los tópicos de tensión, corriente y energía.
- Inventario de conceptos antes de iniciar el curso de circuitos I a los grupos de control y al experimental.
- Inventario de conceptos luego de iniciar el curso de circuitos eléctricos y presentar los conceptos básicos al grupo de control.
- Inventario de conceptos luego de la intervención pedagógica del grupo experimental

#### **4.3.2. Recolección de datos durante la intervención pedagógica con el grupo experimental**

El andamiaje diseñado en la intervención pedagógica, establece dentro de sus características el seguimiento del proceso de aprendizaje del estudiante. Lo anterior mediante la realización de varias estrategias distintas al método tradicional (lección, quiz, parcial). Para este estudio se tomarán los resultados del control de lectura que permite realizar un análisis cualitativo de dos maneras:

- Aplicando el libro de códigos a las respuestas dadas por los estudiantes durante la entrevista inicial.
- Aplicando libro de códigos a las preguntas que tienen los estudiantes luego de preparar la temática antes de ir a clase (controles de lectura).

- Aplicando libro de códigos a las respuestas que hacen de las preguntas formuladas en el Edpuzzle, durante la revisión de las lecciones tratadas en la asignatura

### **4.3.3. Periodo de la intervención pedagógica:**

La intervención pedagógica objeto de estudio en este proyecto se desarrolló en dos periodos, como sigue (ver **Tabla 4-5**):

(

**Tabla 4-5.** Periodo de la intervención pedagógica.

<b>Periodo</b>		<b>Plazo</b>
Primer semestre de 2022	Periodo I	Desde el 11 de marzo hasta el 29 de abril de 2022.
Segundo semestre de 2022	Periodo III	Desde el 15 de agosto hasta el 29 de septiembre de 2022.

### **4.3.4. Procesamiento de datos con inventario de conceptos (IC):**

Una vez aplicado el inventario de conceptos, se tabulan los resultados y se calcula el número de errores por reactivo, esto permite ponderar numéricamente el grado de dificultad por pregunta para la población evaluada. Gracias a ello se pueden ordenar los reactivos del más difícil al más fácil y con esto se extraen las preguntas que representaron la mayor dificultad. Con estas, se valida qué distractores fueron mayoritariamente respondidos en dichas preguntas y se establece el tipo de dificultad que evidencian tales respuestas al someterlas al libro de códigos.

Para clasificar y procesar los datos obtenidos mediante la respuesta al inventario de conceptos, se compara y se contrasta el resultado considerando el momento de aplicación del test y la población objetivo. El momento hace referencia a si el test se aplicó antes de

iniciar el curso de circuitos o si se realizó posterior al inicio sin discriminar el semestre, o si recibe o no una intervención pedagógica. La población objetivo hace referencia a 2 formas de agrupar los estudiantes para contrastar y comparar sus resultados después de iniciado el curso.

La primera de las formas de agrupar, considera a todos los estudiantes que respondieron el test antes de iniciar el curso y después de haberlo iniciado. Lo anterior sin importar si recibieron o no el curso con la intervención pedagógica o si fue el primero o el segundo semestre. La segunda forma de agrupar, diferencia entre el grupo de control y el experimental, antes y después de iniciar el curso tradicional y la intervención pedagógica.

Una vez tabulados los resultados y ordenados según los grupos y el momento de aplicación, se buscó una herramienta de análisis que permite, mediante el uso de estadística, contrastar los resultados usando las herramientas de estadística descriptiva, las pruebas de varianza y de medias y el cálculo de la ganancia de Hake<sup>1</sup>, según corresponda. Este último sirve como indicador del cambio de los resultados del test 2 respecto al test 1. Ello permite estimar cuantitativamente, cuanto aprende un estudiante respecto al punto de partida de su conocimiento, teniendo en cuenta cuanto le faltaba aprender al inicio y hasta donde avanzó al final de la instrucción.

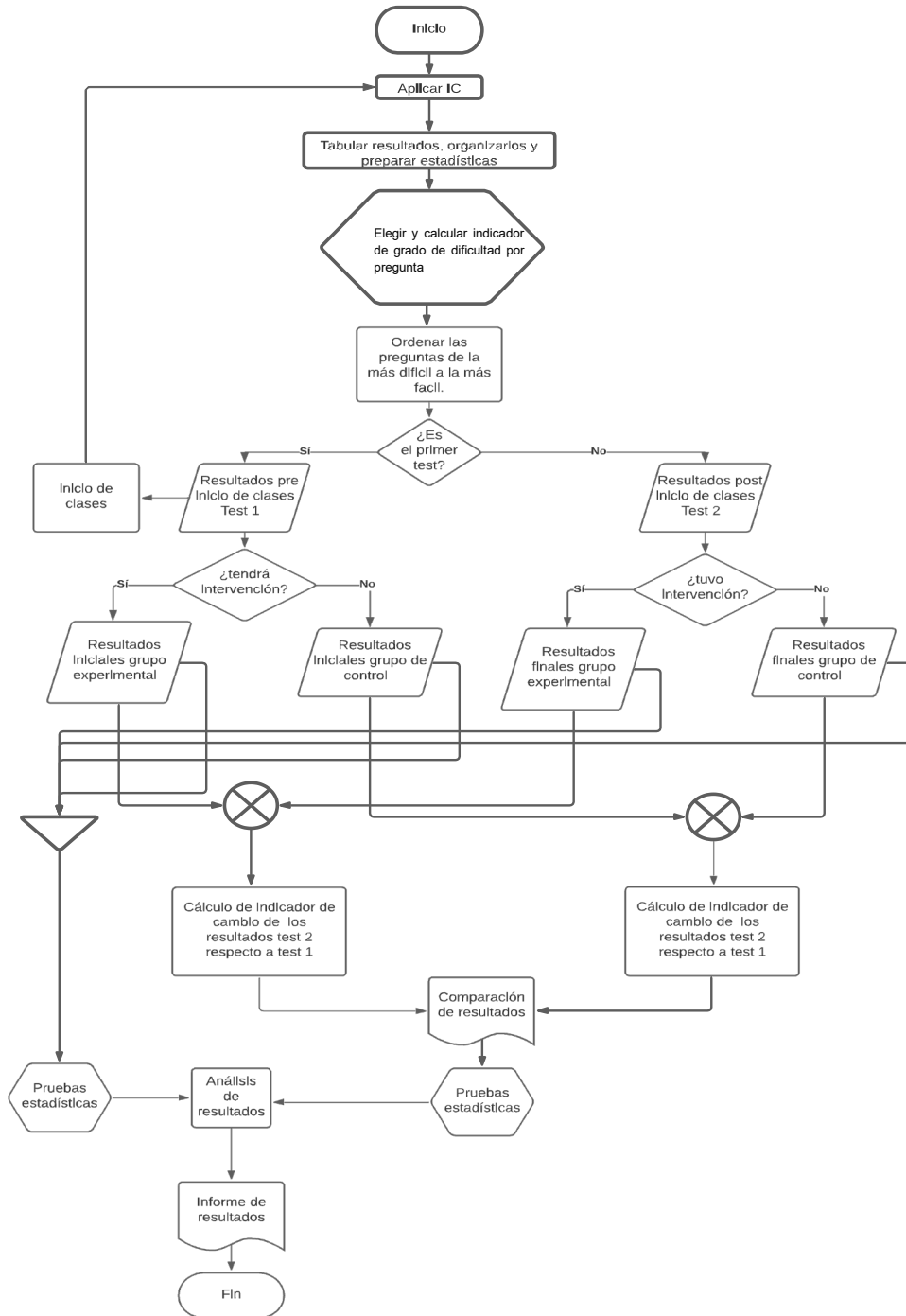
El procedimiento acá descrito, se puede condensar en el diagrama de flujo que se presenta en la **Ilustración 4-1**. Con dicho procedimiento se puede llegar hasta el contraste por ganancia de Hake, para dar inicio a la etapa de análisis. La herramienta usada en la gestión, cálculo y presentación de resultados es Excel.

---

<sup>1</sup> La ganancia de Hake o cálculo del factor de Hake, es un estadístico que permite cuantificar la ganancia en el conocimiento mediante la relación entre la diferencia porcentual del resultado final menos el inicial de un test y la diferencia entre el 100% (resultado perfecto) menos el resultado inicial de dicho test.



**Ilustración 4-1** Diagrama de flujo procedimiento para procesar resultados del inventario de conceptos.



Fuente: el autor.

#### **4.3.5. Análisis de resultados libro de códigos:**

Para analizar los datos, en general, se aplicarán diversas técnicas estadísticas incluyendo comparación de medias y/o correlación estadística (según sea apropiado para el tipo de datos). En el caso de los datos obtenidos a través del libro de códigos, se realiza un análisis cualitativo de contenido para categorizar las respuestas de los estudiantes y presentarlas de manera cuantitativa mediante el conteo de frecuencias. Este análisis permite identificar patrones en las respuestas y conceptos o palabras puedan evidenciar problemas de aprendizaje debido a diversas causa.

#### **4.3.6. Análisis de resultados inventario de conceptos:**

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del inventario se analizan considerando, como se indica en procesamiento de datos, con comparación y contraste. La comparación se hace con la determinación del grado de dificultad por pregunta y el contraste con ayuda de la ganancia o factor de Hake. Ambos respaldados mayoritariamente con las pruebas estadísticas F de varianzas y t student (teniendo en cuenta la población y el resultado de la prueba f) para verificar diferencias o semejanzas significativas.

Estos resultados se presentan de tres maneras, la primera, (numerales 5.1.1 y 5.1.2) considerando los resultados generales de todos los estudiantes de la asignatura antes y después de iniciar la materia. Lo anterior en ambos periodos académicos y a partir de un indicador que permita ponderar el grado de dificultad, sin discriminar grupo de control y grupo experimental. Con esta primera consideración, se podrá hacer un diagnóstico general de lo que saben los estudiantes acerca de los conceptos básicos de circuitos eléctricos y también de los cambios conceptuales de los estudiantes al imbuirse en la asignatura tomando como punto de partida el resultado inicial.

La segunda forma de presentar estos resultados (5.1.3 y 5.1.4), es separando los grupos, comparando los resultados y revisando las respuestas dadas a las preguntas. Tanto en la primera como en la segunda aplicación del test, estas respuestas permiten validar si existe un impacto entre el método tradicional de enseñanza y una intervención pedagógica. Con ambos resultados (primera y segunda aplicación del test) se usa de nuevo un indicador

que permite comparar entre las respuestas, cuál o cuáles representaron mayor problema para los estudiantes.

El indicador que mejor se ajusta es el cálculo del índice de dificultad. Sin embargo, teniendo en cuenta que no todas las preguntas tienen el mismo número de opciones de respuesta, se usará el índice de dificultad considerando el efecto del azar [10].

La tercera manera de presentar los resultados es la presentación de un comparativo de índices, mediante el cálculo de la ganancia de Hake, que permita validar si hay un cambio significativo entre los resultados del grupo de control y el experimental, antes y después de haber recibido las lecciones iniciales de la materia. Se presentarán así los resultados para poder establecer los problemas generales de los estudiantes antes y después del inicio del curso de circuitos. Luego poder particularizar, según la distinción de grupo de control y experimental, de qué manera mejoran o no los procesos de aprendizaje según la metodología usada. Finalmente, estos resultados podrán sugerir la pertinencia o no, de detallar las estrategias de instrucción y su impacto en el desempeño de los estudiantes.

#### □ Grado de dificultad por pregunta

En este numeral se muestra la manera como se establece el grado de dificultad para cada reactivo, a partir del cálculo del índice de dificultad (ecuación 4-1). Como se estableció al inicio de este capítulo, se considera acá el efecto del azar (ecuación 4-2) al incluir en el cálculo la estimación de la posibilidad de acertar según el número de opciones de respuesta. El índice de dificultad se calcula siguiendo la siguiente fórmula:

$$I_{Dificultad} = \frac{\text{Número de estudiantes con respuesta correcta}}{\text{Total de estudiantes que respondieron el test.}} \quad 4-1$$

El índice de dificultad considerando la posibilidad de acertar por el azar, se calcula como sigue[12]:

$$I_{Dificultad-con-azar} = \frac{RC - \frac{NC+RI}{K-1}}{\text{Total de respuestas.}} \quad 4-2$$

De donde:

RC= Cantidad de estudiantes que dieron respuestas correctas para el ítem.

NC=Cantidad de preguntas no contestadas en el ítem.

RI= Cantidad de estudiantes que dieron respuestas incorrectas.

K= Cantidad de opciones de respuesta.

Es importante resaltar, de acuerdo a lo establecido en [13], que los niveles de dificultad se establecen de acuerdo a los rangos del índice de dificultad. Esto clasifica a los reactivos como aparece en la Tabla 4-6

**Tabla 4-6.** Franjas de clasificación del nivel de dificultad.

<b>Franja de dificultad</b>	<b>Resultados índices de dificultad</b>
Dificultad alta	$\leq 0.3$
Dificultad media	$>0.3$ y $\leq 0.6$
Dificultad baja	$>0.6$

□ Ganancia de Hake:

El factor de Hake o ganancia de Hake, compara el cambio de resultado por individuo y por reactivo, estimando una ganancia en términos del aprendizaje. Lo anterior, partiendo de la relación entre la diferencia del resultado final e inicial y lo que podría avanzar respecto al punto donde se encontraba inicialmente (ecuación 4-3). En este proyecto se adecúa el factor para que compare por índices de dificultad, la ganancia (ecuación 4-4).

$$\text{Factor de Hake estudiante} = \frac{\text{Resultados Test 2 \%} - \text{Resultados test1 \%}}{100 - \text{Resultados test1 \%}} \quad (4-3)$$

$$\text{Factor Hake por índice de dificultad} = \frac{Id_{T2} - Id_{T1}}{1 - Id_{T1}} \quad (4-4)$$

De donde  $Id_{T2}$  es el resultado del índice de dificultad por reactivo del test 2 e  $Id_{T1}$  es el resultado del índice de dificultad por reactivo del test 1.

La **Tabla 4-7** establece los rangos de acuerdo al resultado del cálculo del factor de ganancia. De esta forma, se clasifican por franjas los resultados numéricos que denotan el cambio en el índice. Las franjas establecen una ganancia baja, media o alta según el rango en el que se encuentre el resultado.

**Tabla 4-7.** Rangos del factor de ganancia de Hake [].

<b>Resultado del factor de ganancia</b>	<b>Rango</b>
$g \leq 0,3$	Ganancia baja
$0,3 < g \leq 0,7$	Ganancia media
$g > 0,7$	Ganancia alta

---


## 5. Resultados y análisis de resultados

Este capítulo presenta los resultados relevantes, obtenidos de la recolección de información, así como las observaciones surgidas de los mismos y su respectivo análisis. Se inicia con los resultados obtenidos del inventario de conceptos y se finaliza con los resultados obtenidos del libro de códigos. Para hacer la transición de resultados del inventario de conceptos al libro de códigos, se presenta el resultado obtenido de someter las respuestas a las preguntas más difíciles del inventario de conceptos, al libro de códigos desarrollado en este proyecto.

### 5.1. Resultados y análisis de aplicación de DIRECT:

A continuación, se muestran los resultados de la aplicación del inventario de conceptos a todos los estudiantes que vieron la asignatura de circuitos I en los periodos académicos I y III de 2022 en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Tales resultados obtenidos mediante el procedimiento de la **Ilustración 4-1** servirán como indicadores del estado conceptual inicial de los estudiantes. También del estado posterior al inicio formal del curso, una vez se han dado las temáticas básicas relacionadas con los conceptos de tensión, corriente y energía.

#### 5.1.1. Resultados globales test 1 y 2.

Se presentan acá los resultados obtenidos de la primera y segunda aplicación de DIRECT en los semestres  y 3 de 2022. Estos resultados permiten hacer un diagnóstico cuantitativo sobre cuántos y cuáles son los conceptos fundamentales de circuitos eléctricos que presentan mayor dificultad en los estudiantes y si prevalecen luego de la instrucción

inicial de los cursos de circuitos eléctricos I. La población que respondió al inventario es la relacionada en la Tabla 5-1 y Tabla 5-2.

**Tabla 5-1.** Población que presentó el test 1

Población	Cantidad estudiantes	Fecha teórica para presentarlo (dd/mm)	Fecha real de presentación (dd/mm)
Grupo experimental 2022-1	26	14/03 - 14/04	17/03 - 24/03
Grupo de control 2022-1	14		28/04 - 16/05
Grupo experimental 2022-3	20	15/08 - 15/09	23/08 - 10/09
Grupo de control 2022-3	32		06/09 - 10/09
<b>Total, de estudiantes primer test</b>	<b>92</b>		

**Tabla 5-2.** Población que presentó el test 2

Población	Cantidad estudiantes	Fecha teórica para presentarlo (dd/mm)	Fecha real de presentación (dd/mm)
Grupo experimental 2022-1	7	Desde 15/05 hasta fin semestre	07/06 – 09/06
Grupo de control 2022-1	0		--
Grupo experimental 2022-3	17	Desde 15/10 hasta fin semestre	17/10-25/10
Grupo de control 2022-3	23		15/10-26/10
<b>Total, de estudiantes primer test</b>	<b>47</b>		

Lo anterior establece una población total de 92 estudiantes que dieron respuesta al test antes de iniciar formalmente el curso de circuitos eléctricos I y 47 estudiantes que respondieron el mismo test después de iniciado el curso. El test se respondió en la plataforma de Moodle, la prueba se dispuso para que cada estudiante que ingresara a responderla, tuviese las 30 preguntas en orden distinto, así como también las opciones de

respuesta. De esta manera se eliminó la posibilidad de que los estudiantes pudieran filtrarse los resultados entre ellos.

La población objetivo es un grupo estudiantil diverso, compuesto por estudiantes de distintas partes del país. No obstante, no se incluye la información demográfica de los participantes en el estudio, tampoco su etnia, preferencia sexual o discapacidades. Finalizada la prueba, se procede a ordenar el listado de preguntas y se tabulan todos los datos.

□ Grado de dificultad por pregunta

La Tabla 5-3 muestra gráficamente y de menor a mayor, los resultados de calcular los índices de dificultad mediante las ecuaciones **4-1** y **4-2** para la primera y segunda aplicación del test. Como se puede apreciar en dicha tabla y con base en las fórmulas, los resultados se presentan por reactivo y no por estudiante. Esta manera de presentarlos permite identificar los objetivos y temáticas que para la población representan mayor dificultad.

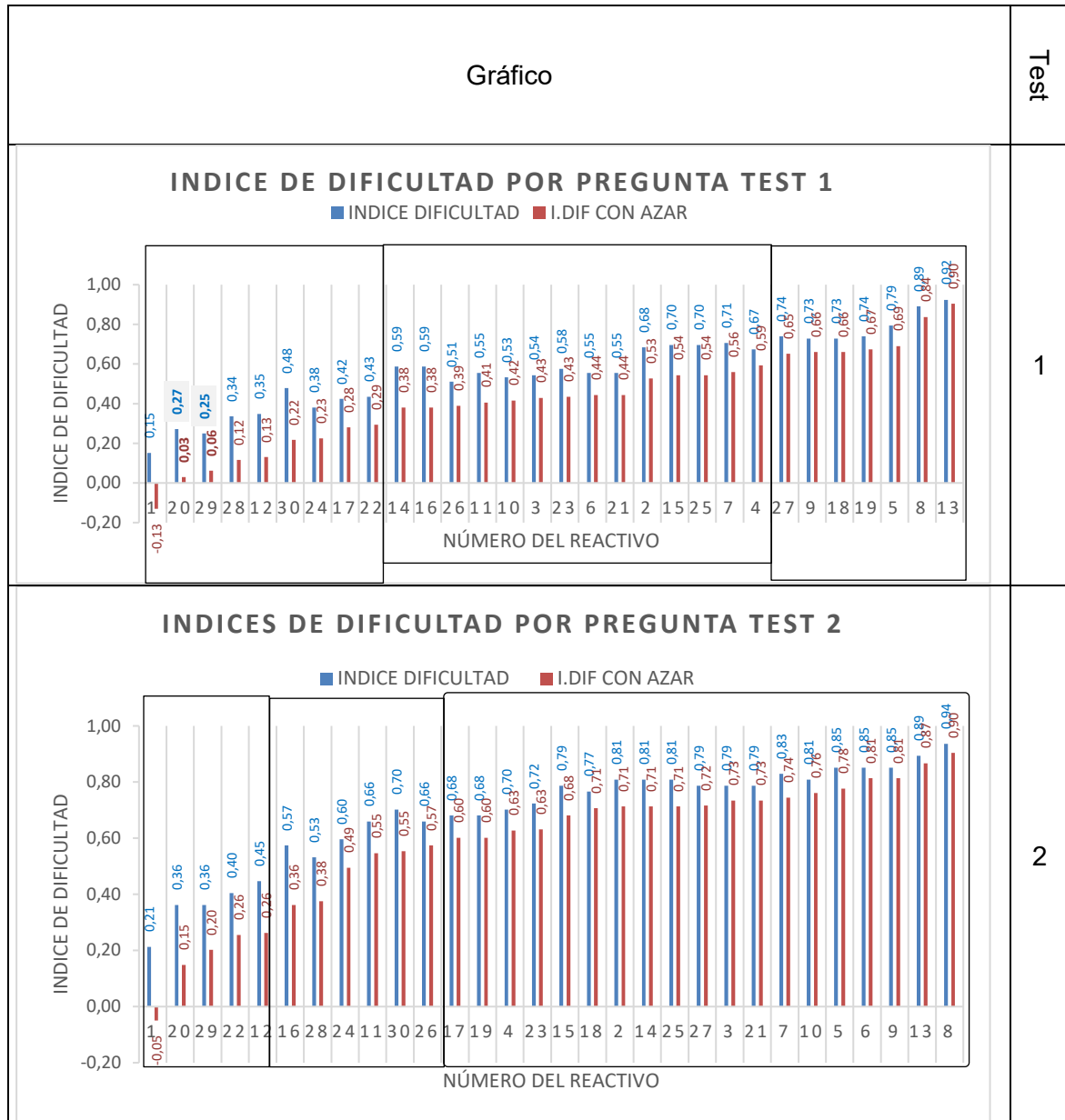
El efecto del azar cambia el orden de los reactivos al organizarlos del más difícil al más fácil, aun cuando ambos índices son proporcionales al número de aciertos por pregunta. Para ilustrar lo anterior, se usa de ejemplo la pregunta 29 y la pregunta 20 en el primer test. La 29 fue respondida de manera acertada por el 25.0% de los estudiantes, esto es, 0.25 de índice de dificultad. Asimismo, la pregunta 20 fue respondida acertadamente por 27.2% de los estudiantes, dando un índice de dificultad de 0.27. Lo anterior indicaría que la pregunta 29 fue más difícil que la pregunta 20, sin embargo, la pregunta 29 presenta 5 opciones de respuesta, mientras que la 20 presenta 4 opciones de respuesta.

Por lo anterior, se puede verificar que, al considerar el índice de dificultad y el efecto del azar, la pregunta 29 se pondera como más fácil por sus resultados, respecto a la pregunta 20. El resultado para ambos reactivos ejemplificados se presenta en **negrita y resaltado** en la Tabla 5-3. Allí también se pueden cotejar los resultados de los índices por reactivo, organizados de menor índice a mayor índice de dificultad considerando el efecto del azar.



En adelante este documento omitirá el resultado del índice de dificultad tradicional y se usará únicamente el índice de dificultad teniendo en cuenta el efecto del azar.

**Tabla 5-3.** Índice de dificultad normal y con efecto azar- Test:1 y 2- población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3.



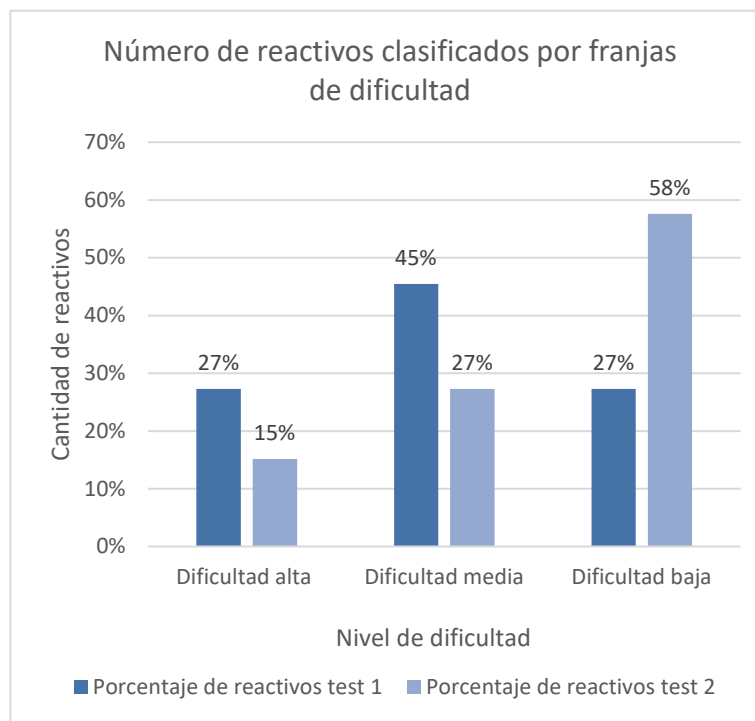
Las gráficas presentadas en la Tabla 5-3 muestran los resultados de los índices para cada uno de los reactivos, tanto para el test 1 como para el test 2. La presentación está gráficamente ordenada de menor a mayor resultado en el índice de dificultad teniendo en

cuenta el azar. Para el análisis se considera únicamente el índice de dificultad considerando el efecto del azar.

**Observaciones de los resultados:**

- De los resultados de la **Tabla 5-3** se puede generar la **Ilustración 5-1**, la cual presenta la cantidad porcentual de reactivos que ocupa cada franja o nivel de dificultad. Para el test 1, los resultados muestran que al inicio del curso el 72% de los reactivos de la prueba representaban una dificultad media y alta. Para el test 2 los resultados manifiestan que menos de la mitad de los reactivos representaban dificultad media y alta.

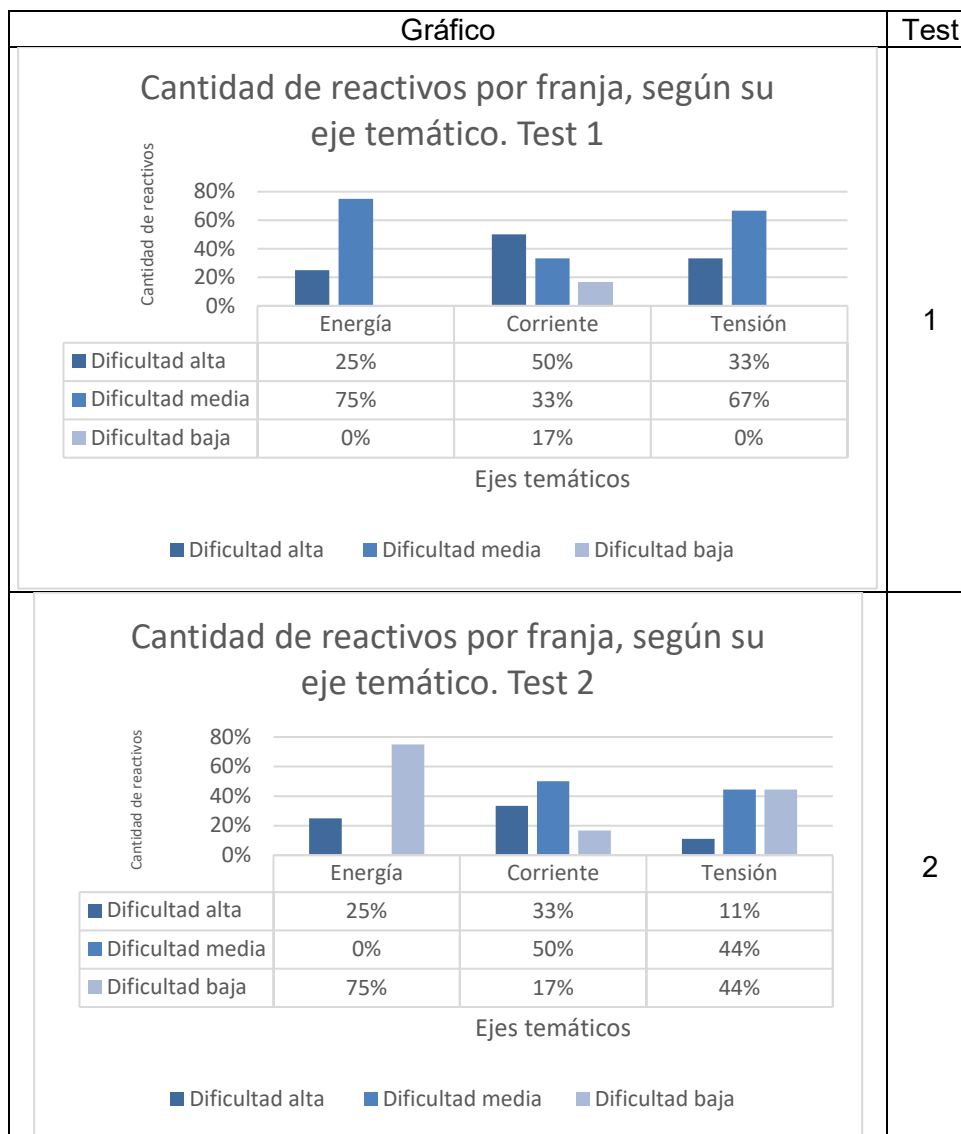
**Ilustración 5-1** Número de reactivos clasificados por franjas del índice de dificultad



- Del total de reactivos que representan dificultad alta en el test 1, el 78% de estos corresponden a preguntas que evaluaban los conceptos de tensión, corriente y energía.

- Contrastando la **Tabla 4-1** con los resultados presentados en la **Tabla 5-3** se pueden generar las gráficas de la **Tabla 5-4**. Estas presentan para cada grupo de reactivos que evalúan energía, corriente y tensión su distribución por franjas de dificultad para el test 1 y el test 2.

**Tabla 5-4.** Distribución por franjas de dificultad de los reactivos que evalúan energía, corriente y tensión-Test: 1 y 2-Población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3



- De la **Tabla 5-4** se destacan tres elementos, el primero es que de los reactivos que evalúan el concepto de energía, el 25% se mantiene en dificultad alta para ambos test. El segundo, que el 100% de los reactivos que evalúan energía y tensión al inicio (test 1) se ubicaron dentro del nivel medio y alto de dificultad. Tercero, que el

porcentaje de reactivos que evalúan corriente y que se ubican en las franjas de dificultad media y alta permanece igual salvo que se redistribuyen de un test a otro.

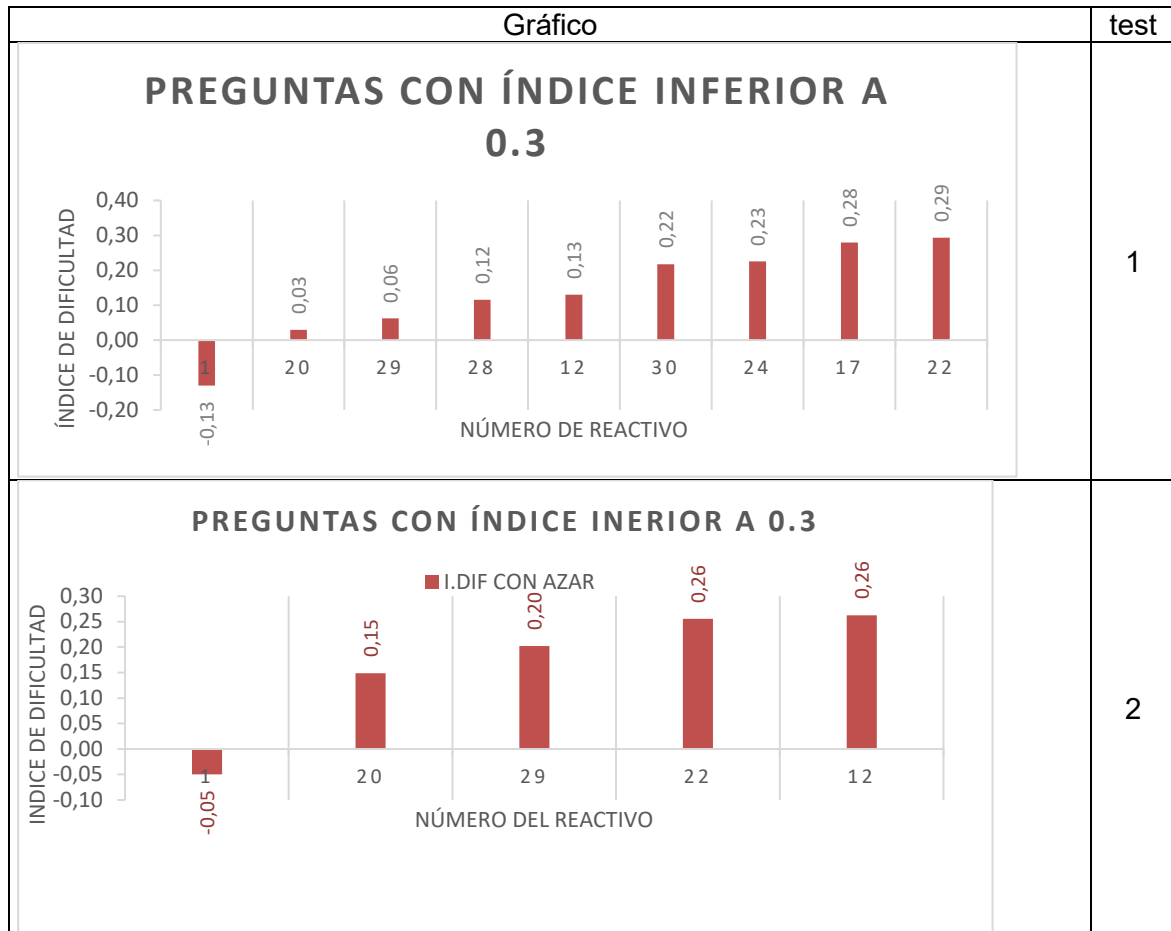
□ Resultados por eje temático.

Se identifican acá en detalle los resultados de los reactivos para los cuales el índice de dificultad se encuentra en la franja que denota dificultad alta según la **Tabla 5-5**. Lo anterior siguiendo el procedimiento y de acuerdo a lo indicado por [13] en relación a los rangos de los índices de dificultad. Con estos reactivos se identifican los ejes temáticos más problemáticos.

Se omiten acá los reactivos que se ubican en las demás franjas, dado que se busca establecer los ejes temáticos de mayor conflicto. Sin embargo, es posible que se vuelva sobre resultados de reactivos clasificados en las otras franjas. Esto para eventualmente realizar comparaciones y contrastes.

Finalizado lo anterior y con base en la Tabla 4-1, se presentan las observaciones que permiten en el análisis establecer entre otras, cual o cuales son los principales problemas en la interpretación física del eje temático al que se asocia cada reactivo. Con estos resultados y los del numeral anterior, se realiza un primer diagnóstico de la población antes de iniciar un curso formal de circuitos eléctricos en el análisis de resultados. La Tabla 5-5 presenta las gráficas con los índices que ubicaron el reactivo en la franja de dificultad alta para los test 1 y 2.

**Tabla 5-5.** Índices de dificultad inferiores a 0.3 - test 1 y 2 - población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3



Con los resultados de la **Tabla 5-5**, se clasifican los reactivos por eje temático evaluado y se presentan en la **Tabla 5-6**. Esta tabla presenta los resultados graficados por reactivo, clasificándolos por eje temático evaluado (Corriente, tensión y energía). Los reactivos 22 y 30 no serán tenidos en cuenta por evaluar ejes temáticos por fuera de los que interesan al presente estudio.

**Tabla 5-6.** Resultados reactivos difíciles por eje temático - Test: 1 y 2 - Población: Estudiantes 2022 periodos 1 y 3.

Corriente	Tensión	Energía	Test																				
<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del Reactivo</th><th>Índice de Dificultad</th></tr> <tr><td>1</td><td>-0,13</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>17</td><td>0,28</td></tr> </table>	Número del Reactivo	Índice de Dificultad	1	-0,13	20	0,03	17	0,28	<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del Reactivo</th><th>Índice de Dificultad</th></tr> <tr><td>29</td><td>0,06</td></tr> <tr><td>28</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>24</td><td>0,23</td></tr> </table>	Número del Reactivo	Índice de Dificultad	29	0,06	28	0,12	24	0,23	<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del Reactivo</th><th>Índice de Dificultad</th></tr> <tr><td>12</td><td>0,13</td></tr> </table>	Número del Reactivo	Índice de Dificultad	12	0,13	1
Número del Reactivo	Índice de Dificultad																						
1	-0,13																						
20	0,03																						
17	0,28																						
Número del Reactivo	Índice de Dificultad																						
29	0,06																						
28	0,12																						
24	0,23																						
Número del Reactivo	Índice de Dificultad																						
12	0,13																						
<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del Reactivo</th><th>Índice de Dificultad</th></tr> <tr><td>1</td><td>-0,05</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,15</td></tr> </table>	Número del Reactivo	Índice de Dificultad	1	-0,05	20	0,15	<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del Reactivo</th><th>Índice de Dificultad</th></tr> <tr><td>29</td><td>0,20</td></tr> </table>	Número del Reactivo	Índice de Dificultad	29	0,20	<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del Reactivo</th><th>Índice de Dificultad</th></tr> <tr><td>12</td><td>0,26</td></tr> </table>	Número del Reactivo	Índice de Dificultad	12	0,26	2						
Número del Reactivo	Índice de Dificultad																						
1	-0,05																						
20	0,15																						
Número del Reactivo	Índice de Dificultad																						
29	0,20																						
Número del Reactivo	Índice de Dificultad																						
12	0,26																						

La **Tabla 5-6** permite establecer numérica y visualmente, la forma como evoluciona el resultado del índice de dificultad para el caso de los reactivos dentro de la franja del nivel de dificultad alto.

**Observaciones:**

- La **Tabla 5-7** presenta el resumen de las observaciones con base en los objetivos evaluados por pregunta del inventario de conceptos (**Tabla 4-1**), para cada eje temático.

**Tabla 5-7.** Observaciones particulares de resultados presentados en **Tabla 5-6** -Test 1 y 2 –Población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3

	<b>Corriente</b>	<b>Tensión</b>	<b>Energía</b>
Test 1	1-La población presenta problemas para explicar los aspectos microscópicos de la corriente en un circuito mediante el uso de términos electrostáticos como campo eléctrico, diferencia de potencial y la interacción de fuerzas entre partículas cargadas. Evidenciado en el índice de dificultad de -0.13 y 0.03 de los reactivos 1 y 20 respectivamente. 2-La población presenta problemas en comprender y aplicar la conservación de la corriente (conservación de carga en estado estacionario) a una variedad de circuitos. Evidenciado en el resultado para el reactivo 17.	1-La población presenta problemas al aplicar el concepto de diferencia de potencial a una variedad de circuitos. Incluyendo el conocimiento de que la diferencia de potencial en un circuito serie se suma mientras que en un circuito paralelo permanece igual. Evidencia de ello, el índice de dificultad de los ítems 29, 28 y 24	1-La población presenta problemas al aplicar el concepto de potencia (trabajo realizado por unidad de tiempo) a una variedad de circuitos. Evidenciado en el resultado del índice de dificultad del ítem 12.
Test 2	1-La población presenta problemas para explicar los aspectos microscópicos de la corriente en un circuito mediante el uso de términos electrostáticos como campo eléctrico, diferencia de potencial y la interacción de fuerzas entre partículas cargadas. Evidenciado en los resultados de los reactivos 1 y 20	1-La población presenta problemas al aplicar el concepto de diferencia de potencial a una variedad de circuitos. Incluyendo el conocimiento de que la diferencia de potencial en un circuito serie se suma mientras que en un circuito paralelo permanece igual. Evidenciado en la prevalencia del ítem 29 dentro de la franja de dificultad alta	1-La población presenta problemas al aplicar el concepto de potencia (trabajo realizado por unidad de tiempo) a una variedad de circuitos. Prevalece el ítem 12 dentro de la franja de dificultad alta.
Comparación Test 1 y 2	Persiste el problema para explicar la corriente desde el punto de vista microscópico. Se evidencia una atenuación reflejada en el aumento del índice de dificultad de los reactivos 1 y 20.	Persiste el problema al aplicar el concepto de diferencia de potencial en distintas situaciones.	Persiste el mismo problema inicial, sin embargo, se atenúa
Contraste Test 1 y 2	El reactivo 17 que evidenciaba una dificultad al aplicar el concepto de conservación de la corriente, pasó de la franja de dificultad alta, a estar en el límite superior de la franja de dificultad media (ver Tabla 5-6 y Tabla 5-3)	Se observa una atenuación del problema persistente, evidenciada en el paso de los reactivos 28 y 24 de la franja de dificultad alta a la de dificultad media (ver Tabla 5-6 y Tabla 5-3)	Se observa que se atenúa el resultado del índice, pero no lo saca de la franja de dificultad alta.

- Se requiere establecer en qué proporción afecta o no la intervención pedagógica en las dificultades encontradas. Para esto se deben separar los grupos entre el experimental y el de control.

### 5.1.2. Análisis de resultados globales test 1 y 2.

Este numeral realiza el análisis de los resultados para establecer tres aspectos. El primero, diagnosticar el estado conceptual inicial de los estudiantes a partir de los resultados del

test 1 y los objetivos que evalúa el inventario de conceptos. El segundo, establecer de manera estadística si hubo efecto de la instrucción en los resultados del test 2 respecto a los resultados del test 1. Tercero, encontrar un mecanismo que permita cuantificar ese efecto.

□ Diagnóstico inicial

La Tabla 5-8 presenta el resumen estadístico de las medidas de tendencia central de los resultados del test 1 y 2. Para el test 1 se puede apreciar que la media del índice es igual a la mediana y su valor es 0.43. Por lo tanto, el valor promedio se ubica según la **Tabla 5-4** dentro de la franja de dificultad media, estando cerca del límite superior de dificultad alta. En general se evidencia que los resultados para cada reactivo están por debajo del resultado máximo posible.

El mejor resultado de los reactivos fue de 0.9, esto implica que ningún reactivo alcanzó el 100% de respuestas correctas. De lo anterior es posible inferir para el grado de dificultad por pregunta (reactivo), que los reactivos del test 1 representan mayoritariamente una dificultad media-alta para los estudiantes. De igual manera, considerando los ejes temáticos evaluados y según las observaciones de la **Tabla 5-6**, los aspectos relacionados con tensión, corriente y energía son en mayor proporción los causantes de este nivel de dificultad.

Al establecer cuáles son los objetivos no alcanzados por eje temático, con base en las observaciones de la **Tabla 5-7**, se encuentra que el estudiante no entiende los conceptos de corriente cuando este se presenta en términos electrostáticos. Esto es, cuando su enfoque considera el fenómeno a nivel microscópico. Asimismo, no entiende lo que significa la conservación de la carga y la corriente.

También se evidencia que el estudiante no entiende el concepto de diferencia de potencial, ni lo que sucede con este en circuitos serie y paralelo. Tampoco comprende el concepto de potencia como trabajo realizado por unidad de tiempo.



Estos elementos constituyen cuales son los principales problemas al comprender los conceptos de tensión, corriente y energía. Sin embargo, como lo establecen los índices, no son necesariamente los únicos problemas, pero sí los que tienen una preponderancia evidenciada en los resultados de la población estudiada. Con esto en mente, se establece el punto de partida, considerando los problemas conceptuales iniciales de toda la población previo a la primera instrucción tanto para el semestre 1 y el 3 del 2022.

**Tabla 5-8.** Resumen estadístico de resultados-Test 1(izquierda) y 2 (derecha)- Población: estudiantes semestre 1 y 3

Test 1		Test 2	
Mean	0,43	Mean	0,59
Standard Error	0,04	Standard Error	0,04
Median	0,43	Median	0,66
Mode	0,38	Mode	0,71
Standard Deviation	0,24	Standard Deviation	0,23
Sample Variance	0,06	Sample Variance	0,05
Kurtosis	-0,08	Kurtosis	0,63
Skewness	-0,27	Skewness	-1,10
Range	1,04	Range	0,95
Maximum	0,90	Maximum	0,90
Minimum	-0,13	Minimum	-0,05

□ **Contraste y diagnóstico final.**

Para constatar estadísticamente si hubo cambio de los resultados a causa de la instrucción, se realiza con los índices del test 1 y 2 una prueba de normalidad. Así mismo se realiza una prueba de hipótesis que permita estimar si el valor promedio del test 2 es superior al promedio del test 1. Teniendo en cuenta la población y el número de reactivos se realiza mediante la prueba de normalidad Shapiro Wilk. Y la prueba de hipótesis t-student. Donde la prueba de hipótesis está dada por:

Ho: La muestra proviene de una distribución normal

Ha: La muestra no sigue una distribución normal.

Nivel de significancia (Alpha): 0.05.

El resultado se puede verificar en la Tabla 5-9, esta exhibe que los índices calculados del test 1 siguen una distribución normal. En contraste con los resultados del test 2 que no siguen una distribución normal. Con este hecho se infiere que la instrucción tuvo un impacto en las respuestas. Dicho impacto produjo un cambio en la distribución de los datos que puede sugerir que la instrucción tuvo un efecto en los conocimientos de los estudiantes, reflejada en una alteración de la forma en que se distribuyen los resultados de los índices.

**Tabla 5-9.** Prueba de normalidad Shapiro Wilk-Test 1 y 2-Población: estudiantes semestres 1 y 3

Test 1		Test 2	
W-stat	0,98	W-stat	0,90
p-value	0,89	p-value	0,01
alpha	0,05	alpha	0,05
normal	yes	normal	no

Para verificar si los resultados antes y después presentan o no un cambio estadísticamente significativo, se lleva a cabo una prueba t-student para varianzas iguales. Finalmente, y aunque la comparación de la distribución de los resultados sirve como indicador de que hubo efecto en el conocimiento de los estudiantes, es necesario buscar un mecanismo que permita cuantificar ese cambio. Para lograrlo, se hará uso de la ganancia de Hake, que permite estimar una ganancia en el aprendizaje considerando el punto de partida. Esto se realiza para los grupos de control y experimental, esta vez divididos para diferenciar la ganancia de un grupo que se somete a una intervención pedagógica y compararla con la población que no recibe dicha intervención.

### 5.1.3. Resultados separados por grupo de control y experimental.

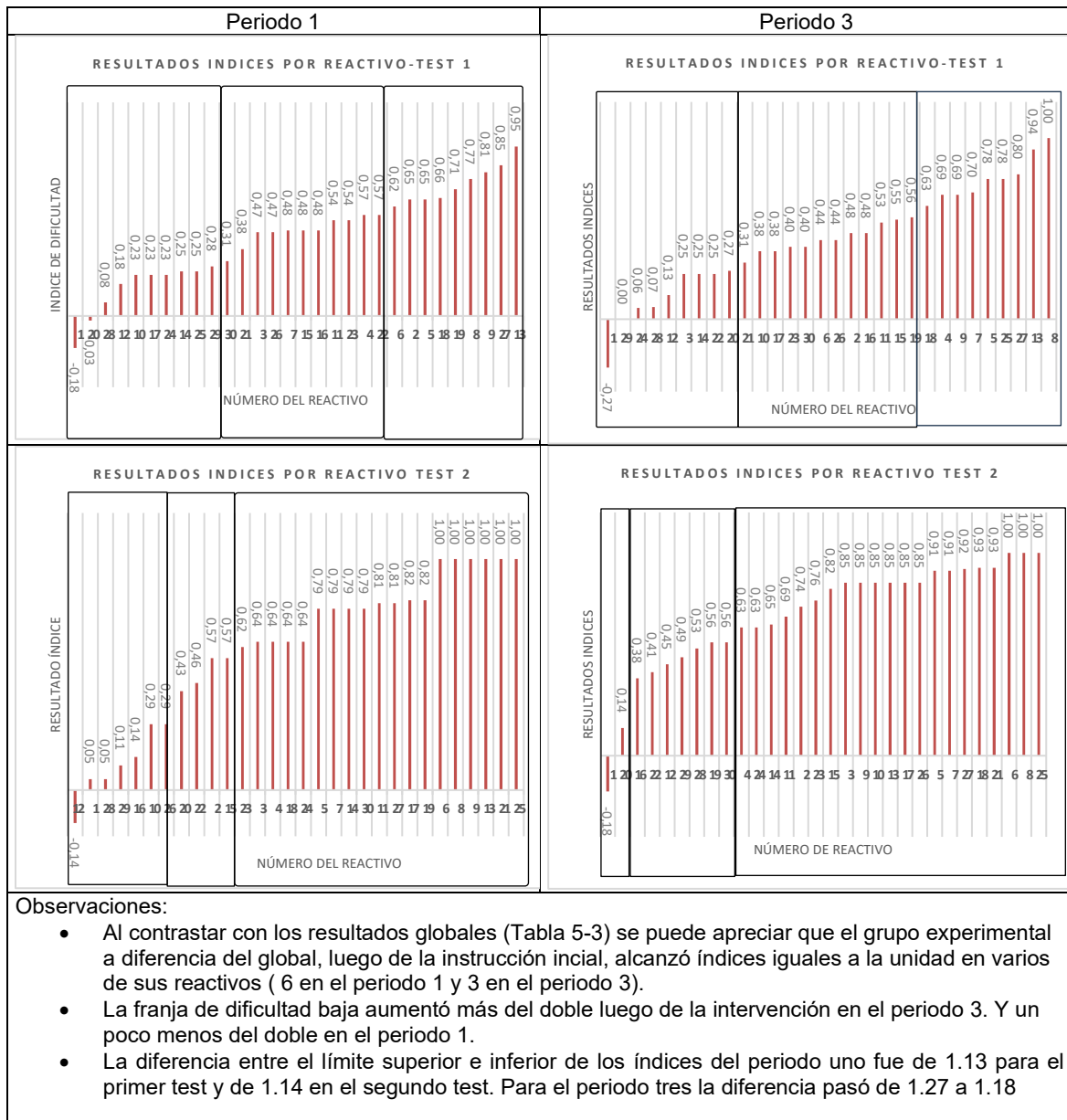
Una vez diagnosticada de manera general la muestra, se separan los resultados de los estudiantes. La separación consiste en dividir los grupos entre el experimental y de control teniendo en cuenta las poblaciones de la Tabla 5-1 y la Tabla 5-2. Con los resultados iniciales del grupo separado, se define si el nivel de certeza conceptual de ambos tiene el mismo punto de partida.

- Grado de dificultad por pregunta

La separación de los resultados muestra gráficamente el índice de dificultad por pregunta y agrupa por franjas según la **Tabla 4-6**. Allí se separan en la **Tabla 5-10** los resultados de los grupos experimentales para el primero y segundo test del periodo 1 y 3 del 2022. Para el grupo de control igualmente se presentan los resultados de ambos periodos y ambos test (ver **Tabla 5-11**)

Se exponen acá las observaciones distintas a las ya presentadas en el resultado global. Esto significa que se presentan las observaciones que surjan únicamente con ocasión de la división por grupos y permitan hacer comparativos con el resultado global (**Tabla 5-3**). Lo anterior implica que lo observado en el primer test del resultado global, aplica para ambos grupos tanto experimental como control.

**Tabla 5-10.** Índice de dificultad con efecto azar- Test:1 y 2- población: estudiantes 2022 periodos 1 y 3 grupo experimental.



En la **Tabla 5-11** se aprecia el hecho de que el periodo 1 no tuvo grupo de control para el test 2. Esto por cuanto los estudiantes no dieron respuesta al mismo, razón por la cual no se tiene un estimado posterior que permita validar el cambio en los índices. Esta situación genera una limitante comparativa.

**Tabla 5-11.** Índice de dificultad con azar-Test 1 y 2-Población estudiantes 2022 periodos 1 y 3 grupo control

Periodo 1	Periodo 3
<p style="text-align: center;">INDICES DE DIFICULTAD, CONTROL 2022-1, TEST 1</p> <p style="text-align: center;">RESULTADOS INDICES</p> <p style="text-align: center;">NÚMERO DE LA PREGUNTA</p>	<p style="text-align: center;">INDICES DE DIFICULTAD, CONTROL 2022-3, TEST 1</p> <p style="text-align: center;">RESULTADOS INDICES</p> <p style="text-align: center;">NÚMERO DE LA PREGUNTA</p>
<p>No hubo resultados</p>	<p style="text-align: center;">ÍNDICE DE DIFICULTAD, CONTROL 2022-3, TEST 2 .</p> <p style="text-align: center;">RESULTADOS INDICES</p> <p style="text-align: center;">NÚMERO DE LA PREGUNTA.</p>
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay un sesgo por la ausencia de respuestas del test 2 en el periodo 1. Pero se puede apreciar que fue el único periodo con un reactivo que tuvo índice 1 para el test 1.</li> <li>• Al comparar los resultados disponibles del periodo 3, se encuentra que la cantidad de reactivos presentes en la franja de dificultad baja se amplió más del doble en el periodo 3.</li> <li>• Ningún reactivo tuvo índice 1 en el test 2 del periodo 3 y la diferencia entre el límite superior e inferior de ambos resultados se mantuvo casi igual, pasó de 0.84 a 0.83</li> </ul>	

Resultados por eje temático.

En la **Tabla 5-12** se presentan los resultados del grupo experimental y grupo de control para el periodo 1, separados por eje temático. Al igual que en el numeral anterior, las observaciones acá resaltan aquellas diferencias respecto a la Tabla 5-6 puesto que esta presenta las observaciones generales y aplicables a toda la población.

**Tabla 5-12.** Resultados separados por grupos y por eje temático - Test: 1 y 2 - Población: Estudiantes 2022 periodo 1.

Corriente	Tensión	Energía	Test	Grupo
<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	<p>INDICE DE DIFICULTAD</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	1	Experimental
<p>RESULTADO ÍNDICE</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	<p>RESULTADO ÍNDICE</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	<p>RESULTADO ÍNDICE</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	2	Experimental
<p>INDICES DE DIFICULTAD, CONTROL 2022-1</p> <p>RESULTADOS INDICES</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	<p>INDICES DE DIFICULTAD, CONTROL 2022-1</p> <p>RESULTADOS INDICES</p> <p>NÚMERO DE LA PREGUNTA</p>	<p>INDICES DE DIFICULTAD, CONTROL 2022-1</p> <p>RESULTADOS INDICES</p> <p>NÚMERO DE LA PREGUNTA</p>	1	Control
No hubo resultados	No hubo resultados	No hubo resultados	2	Control
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se aprecian elementos diferenciales respecto a la <b>Tabla 5-6</b>.</li> <li>• El análisis debe establecer un elemento de comparación por reactivo.</li> </ul>				

Se omite el resultado gráfico por eje temático del periodo 3, por no aportar elementos de comparación y contraste verificables por observación, distintos a los presentados globalmente.

#### **5.1.4. Análisis de resultados separados por grupo de control y experimental.**

Para analizar los resultados desagregados por periodo semestral y por grupo (control y experimental), se plantean 2 elementos de análisis. El primer elemento apela al uso de la

estadística descriptiva y/o inferencial, con la cual se buscan diferencias o igualdades en los resultados que sean estadísticamente significativas.

Para el segundo elemento de análisis se apeló al uso de la ganancia de Hake. Esto de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.3.6. En este apartado se presentan los resultados y su análisis.

□ Análisis estadístico:

Con el propósito de respaldar el análisis de manera estadística, se llevan a cabo tres pruebas. En primer lugar, se realiza la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, la cual tiene como objetivo determinar si los resultados obtenidos, en cada grupo y en cada prueba, siguen una distribución normal. Un eventual cambio en la forma de distribución de los resultados, puede sugerir un impacto en el aprendizaje.

En segundo lugar, se efectúan 2 pruebas t-Student de muestras independientes. Una para verificar si los resultados de los test entre ambos grupos son estadísticamente iguales al inicio (test 1) y diferentes al final (test 2). La otra para comparar si los resultados por grupo cambian después de finalizar el periodo de instrucción inicial y la intervención pedagógica.

Se inicia entonces con la prueba de normalidad Shapiro Wilk con las siguientes hipótesis:

H0: Los resultados siguen una distribución normal.

Ha: Los resultados no siguen una distribución normal.

Valor de significancia ( $\alpha$ )=0.05

En la **Tabla 5-13** se presenta el resumen de la prueba de normalidad para los resultados de cada test, separado por periodo y grupo. Si el valor P es menor o igual al nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula. En caso contrario se acepta.

**Tabla 5-13.** Prueba de normalidad resultados separados por grupos-Test 1 y 2- Población Estudiantes periodos 1 y 3

Test 1		Test 2		Periodo
<i>Experimental</i>	<i>Índice de dificultad</i>	<i>Experimental</i>	<i>Índice de dificultad</i>	I
w-stat	0,98	W-stat	0,90	
p-value	0,85	p-value	0,01	
alpha	0,05	alpha	0,05	
normal	yes	normal	no	
<i>Control</i>	<i>Índice de dificultad</i>	No hay resultados.		
W-stat	0,92			
p-value	0,03			
alpha	0,05			
normal	no			
<i>Experimental</i>	<i>Índice dificultad</i>	<i>Experimental</i>	<i>Índice dificultad</i>	III
W-stat	0,99	W-stat	0,87	
p-value	0,97	p-value	0,002	
alpha	0,05	alpha	0,05	
normal	yes	normal	no	
<i>Control</i>	<i>Indice dificultad</i>	<i>Control</i>	<i>Índice dificultad</i>	
W-stat	0,95	W-stat	0,94	
p-value	0,20	p-value	0,08	
alpha	0,05	alpha	0,05	
normal	yes	normal	yes	
Observaciones:				
-El grupo de control del periodo I presenta un resultado que no sigue una distribución normal para el test 1.				
-El grupo de control del periodo III presenta una distribución normal para los resultados de ambos test.				
-El grupo experimental no sigue un resultado con distribución normal luego de la intervención pedagógica (test 2).				

Lo que se presenta en la **Tabla 5-13** sugiere que los grupos sometidos a la intervención pedagógica en ambos periodos (grupo experimental) tuvieron eventualmente un impacto en el aprendizaje. Esto podría explicar el cambio en la distribución de los resultados del



test 2 respecto al test 1. Esta situación no ocurre con el grupo de control del periodo III, el cual mantiene la distribución normal en el resultado del test 1 y 2.

Lo anterior pudiera significar, como se declaró al inicio de este numeral, que la alteración en la forma de la distribución de los resultados globales (si se contrastan los resultados parciales con el resultado de la **Tabla 5-9**), puede deberse al cambio parcial de los dos grupos experimentales y no necesariamente a la influencia del grupo de control. Sin embargo, para corroborar esta primera afirmación, se deben realizar más pruebas estadísticas. Asimismo, discriminar si el resultado inicial de todos los grupos es estadísticamente igual.

La **Tabla 5-14** presenta el resultado estadístico de comparar entre grupos los promedios obtenidos en el test 1 y en el test 2 y la **Tabla 5-15** presenta el resultado estadístico de comparar por grupos los promedios del test 1 y 2. Esto con el fin de establecer si existen o no semejanzas en los resultados iniciales y finales de cada grupo (**Tabla 5-14**). Asimismo, validar si existen o no diferencias entre los resultados iniciales y finales por grupos (**Tabla 5-15**).

Para realizar esta comparación, teniendo en cuenta la población (número de preguntas) se realizará la prueba t-student. La prueba t-student declara las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: La diferencia hipotética de las medias es 0

H<sub>a</sub>: La diferencia hipotética de las medias es diferente de 0.

Valor de significancia ( $\alpha$ )=0.05.

De igual manera, para establecer el tipo de prueba t-student a aplicar, se realiza primero una prueba F para varianzas de dos muestras, con las siguientes hipótesis

H<sub>0</sub>: Las varianzas son iguales

H<sub>a</sub>: Las varianzas son desiguales.

Valor de significancia ( $\alpha$ )=0.05.

**Tabla 5-14** Prueba F y t student entre grupos-Test 1 y 2- Población Estudiantes periodos I y III

	Periodo I	Periodo III	Tes t																																																																							
Prueba F	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Indice de dificultad - experimental</th> <th>Indice de dificultad - control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0.45</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0.07</td> <td>0.10</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>29,00</td> <td>29,00</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>0,67</td> <td>Se acepta ha</td> </tr> <tr> <td>P(F&lt;=f) una cola</td> <td>0,14</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico para F (una cola)</td> <td>0,54</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Indice de dificultad - experimental	Indice de dificultad - control	Media	0.45	0.50	Varianza	0.07	0.10	Observaciones	30,00	30,00	Grados de libertad	29,00	29,00	F	0,67	Se acepta ha	P(F<=f) una cola	0,14		Valor crítico para F (una cola)	0,54		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Indice dificultad - experimental</th> <th>Indice dificultad - control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0.44</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0.08</td> <td>0.06</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>29,00</td> <td>29,00</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>1,48</td> <td>Se acepta h0</td> </tr> <tr> <td>P(F&lt;=f) una cola</td> <td>0,15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico para F (una cola)</td> <td>1,86</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control	Media	0.44	0.37	Varianza	0.08	0.06	Observaciones	30,00	30,00	Grados de libertad	29,00	29,00	F	1,48	Se acepta h0	P(F<=f) una cola	0,15		Valor crítico para F (una cola)	1,86		1																							
	Indice de dificultad - experimental	Indice de dificultad - control																																																																								
Media	0.45	0.50																																																																								
Varianza	0.07	0.10																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Grados de libertad	29,00	29,00																																																																								
F	0,67	Se acepta ha																																																																								
P(F<=f) una cola	0,14																																																																									
Valor crítico para F (una cola)	0,54																																																																									
	Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control																																																																								
Media	0.44	0.37																																																																								
Varianza	0.08	0.06																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Grados de libertad	29,00	29,00																																																																								
F	1,48	Se acepta h0																																																																								
P(F<=f) una cola	0,15																																																																									
Valor crítico para F (una cola)	1,86																																																																									
T student	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Indice dificultad - experimental</th> <th>Indice dificultad - control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0.45</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0.07</td> <td>0.10</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Diferencia hipotética de las medias</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>56,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estadístico t</td> <td>-0,61</td> <td>Se acepta h0</td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) una cola</td> <td>0,27</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (una cola)</td> <td>1,67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) dos colas</td> <td>0,55</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (dos colas)</td> <td>2,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales				Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control	Media	0.45	0.50	Varianza	0.07	0.10	Observaciones	30,00	30,00	Diferencia hipotética de las medias	0,00		Grados de libertad	56,00		Estadístico t	-0,61	Se acepta h0	P(T<=t) una cola	0,27		Valor crítico de t (una cola)	1,67		P(T<=t) dos colas	0,55		Valor crítico de t (dos colas)	2,00		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Indice dificultad - experimental</th> <th>Indice dificultad - control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0.44</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0.08</td> <td>0.06</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Varianza agrupada</td> <td>0,07</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia hipotética de las medias</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>58,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estadístico t</td> <td>1,15</td> <td>Se acepta h0</td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) una cola</td> <td>0,13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (una cola)</td> <td>1,67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) dos colas</td> <td>0,26</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (dos colas)</td> <td>2,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control	Media	0.44	0.37	Varianza	0.08	0.06	Observaciones	30,00	30,00	Varianza agrupada	0,07		Diferencia hipotética de las medias	0,00		Grados de libertad	58,00		Estadístico t	1,15	Se acepta h0	P(T<=t) una cola	0,13		Valor crítico de t (una cola)	1,67		P(T<=t) dos colas	0,26		Valor crítico de t (dos colas)	2,00	
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales																																																																										
	Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control																																																																								
Media	0.45	0.50																																																																								
Varianza	0.07	0.10																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Diferencia hipotética de las medias	0,00																																																																									
Grados de libertad	56,00																																																																									
Estadístico t	-0,61	Se acepta h0																																																																								
P(T<=t) una cola	0,27																																																																									
Valor crítico de t (una cola)	1,67																																																																									
P(T<=t) dos colas	0,55																																																																									
Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																																																									
	Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control																																																																								
Media	0.44	0.37																																																																								
Varianza	0.08	0.06																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Varianza agrupada	0,07																																																																									
Diferencia hipotética de las medias	0,00																																																																									
Grados de libertad	58,00																																																																									
Estadístico t	1,15	Se acepta h0																																																																								
P(T<=t) una cola	0,13																																																																									
Valor crítico de t (una cola)	1,67																																																																									
P(T<=t) dos colas	0,26																																																																									
Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																																																									
Prueba F	No hubo resultados grupo de control test 2	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Indice de dificultad - experimental</th> <th>Indice de dificultad - control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0.70</td> <td>0.49</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0.07</td> <td>0.06</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>29,00</td> <td>29,00</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>1,33</td> <td>Se acepta h0</td> </tr> <tr> <td>P(F&lt;=f) una cola</td> <td>0,22</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico para F (una cola)</td> <td>1,86</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Indice de dificultad - experimental	Indice de dificultad - control	Media	0.70	0.49	Varianza	0.07	0.06	Observaciones	30,00	30,00	Grados de libertad	29,00	29,00	F	1,33	Se acepta h0	P(F<=f) una cola	0,22		Valor crítico para F (una cola)	1,86		2																																															
	Indice de dificultad - experimental	Indice de dificultad - control																																																																								
Media	0.70	0.49																																																																								
Varianza	0.07	0.06																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Grados de libertad	29,00	29,00																																																																								
F	1,33	Se acepta h0																																																																								
P(F<=f) una cola	0,22																																																																									
Valor crítico para F (una cola)	1,86																																																																									
T student	No hubo resultados de grupo de control test 2.	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Indice dificultad - experimental</th> <th>Indice dificultad - control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0.70</td> <td>0.49</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0.07</td> <td>0.06</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Varianza agrupada</td> <td>0,06</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia hipotética de las medias</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>58,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estadístico t</td> <td>3,14</td> <td>Se acepta ha</td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) una cola</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (una cola)</td> <td>1,67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) dos colas</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (dos colas)</td> <td>2,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control	Media	0.70	0.49	Varianza	0.07	0.06	Observaciones	30,00	30,00	Varianza agrupada	0,06		Diferencia hipotética de las medias	0,00		Grados de libertad	58,00		Estadístico t	3,14	Se acepta ha	P(T<=t) una cola	0,00		Valor crítico de t (una cola)	1,67		P(T<=t) dos colas	0,00		Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																					
	Indice dificultad - experimental	Indice dificultad - control																																																																								
Media	0.70	0.49																																																																								
Varianza	0.07	0.06																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Varianza agrupada	0,06																																																																									
Diferencia hipotética de las medias	0,00																																																																									
Grados de libertad	58,00																																																																									
Estadístico t	3,14	Se acepta ha																																																																								
P(T<=t) una cola	0,00																																																																									
Valor crítico de t (una cola)	1,67																																																																									
P(T<=t) dos colas	0,00																																																																									
Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																																																									
<p><b>Observaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Los 2 grupos de ambos periodos presentan resultados promedio estadísticamente iguales para el test 1, por lo que se puede inferir que parten eventualmente del mismo punto en cuanto a conocimientos básicos se refiere.</li> <li>-Se evidencia estadísticamente que el promedio de los resultados del test 2 por reactivo fue más alto en el grupo experimental que en el de control. Esto sugiere mayor efectividad en la instrucción dada mediante la intervención pedagógica.</li> <li>- La desigualdad en la variabilidad de los datos del grupo experimental y el de control del periodo I, pudiera deberse a que el grupo experimental sí respondió el test 1 en la franja de tiempo definida para realizar el diagnóstico inicial. Dicha franja es anterior a la fecha en que respondió el grupo de control. Sobre esto se volverá en el capítulo de los comentarios.</li> </ul>																																																																										

**Tabla 5-15** Prueba F para varianzas de dos muestras y t student por grupos-Test 1 y 2- Población Estudiantes periodos I y III

	Periodo I	Periodo III	Test																																																																							
Prueba F	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test 1</th> <th>Test 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0,45</td> <td>0,61</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0,07</td> <td>0,11</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>29,00</td> <td>29,00</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>0,64</td> <td>Se acepta ha</td> </tr> <tr> <td>P(F&lt;=f) una cola</td> <td>0,12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico para F (una cola)</td> <td>0,54</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Test 1	Test 2	Media	0,45	0,61	Varianza	0,07	0,11	Observaciones	30,00	30,00	Grados de libertad	29,00	29,00	F	0,64	Se acepta ha	P(F<=f) una cola	0,12		Valor crítico para F (una cola)	0,54		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test 1</th> <th>Test 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0,44</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0,08</td> <td>0,07</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>29,00</td> <td>29,00</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>1,13</td> <td>Se acepta h0</td> </tr> <tr> <td>P(F&lt;=f) una cola</td> <td>0,37</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico para F (una cola)</td> <td>1,86</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Test 1	Test 2	Media	0,44	0,70	Varianza	0,08	0,07	Observaciones	30,00	30,00	Grados de libertad	29,00	29,00	F	1,13	Se acepta h0	P(F<=f) una cola	0,37		Valor crítico para F (una cola)	1,86		Experimental																							
		Test 1	Test 2																																																																							
Media	0,45	0,61																																																																								
Varianza	0,07	0,11																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Grados de libertad	29,00	29,00																																																																								
F	0,64	Se acepta ha																																																																								
P(F<=f) una cola	0,12																																																																									
Valor crítico para F (una cola)	0,54																																																																									
	Test 1	Test 2																																																																								
Media	0,44	0,70																																																																								
Varianza	0,08	0,07																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Grados de libertad	29,00	29,00																																																																								
F	1,13	Se acepta h0																																																																								
P(F<=f) una cola	0,37																																																																									
Valor crítico para F (una cola)	1,86																																																																									
T student	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Test 1</th> <th>Test 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0,45</td> <td>0,61</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0,07</td> <td>0,11</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Diferencia hipotética de las medias</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>55,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estadístico t</td> <td>-2,13</td> <td>Se acepta ha</td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) una cola</td> <td>0,02</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (una cola)</td> <td>1,67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) dos colas</td> <td>0,04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (dos colas)</td> <td>2,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales				Test 1	Test 2	Media	0,45	0,61	Varianza	0,07	0,11	Observaciones	30,00	30,00	Diferencia hipotética de las medias	0,00		Grados de libertad	55,00		Estadístico t	-2,13	Se acepta ha	P(T<=t) una cola	0,02		Valor crítico de t (una cola)	1,67		P(T<=t) dos colas	0,04		Valor crítico de t (dos colas)	2,00		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test 1</th> <th>Test 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0,44</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0,08</td> <td>0,07</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Varianza agrupada</td> <td>0,08</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia hipotética de las medias</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>58,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estadístico t</td> <td>-3,53</td> <td>Se acepta ha</td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) una cola</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (una cola)</td> <td>1,67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) dos colas</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (dos colas)</td> <td>2,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Test 1	Test 2	Media	0,44	0,70	Varianza	0,08	0,07	Observaciones	30,00	30,00	Varianza agrupada	0,08		Diferencia hipotética de las medias	0,00		Grados de libertad	58,00		Estadístico t	-3,53	Se acepta ha	P(T<=t) una cola	0,00		Valor crítico de t (una cola)	1,67		P(T<=t) dos colas	0,00		Valor crítico de t (dos colas)	2,00	
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales																																																																										
	Test 1	Test 2																																																																								
Media	0,45	0,61																																																																								
Varianza	0,07	0,11																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Diferencia hipotética de las medias	0,00																																																																									
Grados de libertad	55,00																																																																									
Estadístico t	-2,13	Se acepta ha																																																																								
P(T<=t) una cola	0,02																																																																									
Valor crítico de t (una cola)	1,67																																																																									
P(T<=t) dos colas	0,04																																																																									
Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																																																									
	Test 1	Test 2																																																																								
Media	0,44	0,70																																																																								
Varianza	0,08	0,07																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Varianza agrupada	0,08																																																																									
Diferencia hipotética de las medias	0,00																																																																									
Grados de libertad	58,00																																																																									
Estadístico t	-3,53	Se acepta ha																																																																								
P(T<=t) una cola	0,00																																																																									
Valor crítico de t (una cola)	1,67																																																																									
P(T<=t) dos colas	0,00																																																																									
Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																																																									
Prueba F	No hubo datos test 2	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test 1</th> <th>Test 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0,37</td> <td>0,49</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>29,00</td> <td>29,00</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>1,02</td> <td>Se acepta h0</td> </tr> <tr> <td>P(F&lt;=f) una cola</td> <td>0,48</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico para F (una cola)</td> <td>1,86</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Test 1	Test 2	Media	0,37	0,49	Varianza	0,06	0,06	Observaciones	30,00	30,00	Grados de libertad	29,00	29,00	F	1,02	Se acepta h0	P(F<=f) una cola	0,48		Valor crítico para F (una cola)	1,86		Control																																															
	Test 1	Test 2																																																																								
Media	0,37	0,49																																																																								
Varianza	0,06	0,06																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Grados de libertad	29,00	29,00																																																																								
F	1,02	Se acepta h0																																																																								
P(F<=f) una cola	0,48																																																																									
Valor crítico para F (una cola)	1,86																																																																									
T student	No hubo datos test 2	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test 1</th> <th>Test 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Media</td> <td>0,37</td> <td>0,49</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> </tr> <tr> <td>Observaciones</td> <td>30,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>Varianza agrupada</td> <td>0,06</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia hipotética de las medias</td> <td>0,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grados de libertad</td> <td>58,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Estadístico t</td> <td>-2,09</td> <td>Se acepta ha</td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) una cola</td> <td>0,02</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (una cola)</td> <td>1,67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P(T&lt;=t) dos colas</td> <td>0,04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valor crítico de t (dos colas)</td> <td>2,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Test 1	Test 2	Media	0,37	0,49	Varianza	0,06	0,06	Observaciones	30,00	30,00	Varianza agrupada	0,06		Diferencia hipotética de las medias	0,00		Grados de libertad	58,00		Estadístico t	-2,09	Se acepta ha	P(T<=t) una cola	0,02		Valor crítico de t (una cola)	1,67		P(T<=t) dos colas	0,04		Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																					
	Test 1	Test 2																																																																								
Media	0,37	0,49																																																																								
Varianza	0,06	0,06																																																																								
Observaciones	30,00	30,00																																																																								
Varianza agrupada	0,06																																																																									
Diferencia hipotética de las medias	0,00																																																																									
Grados de libertad	58,00																																																																									
Estadístico t	-2,09	Se acepta ha																																																																								
P(T<=t) una cola	0,02																																																																									
Valor crítico de t (una cola)	1,67																																																																									
P(T<=t) dos colas	0,04																																																																									
Valor crítico de t (dos colas)	2,00																																																																									
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Los promedios de los resultados por pregunta del test 2 son significativamente superiores en los 3 grupos (2 experimentales y 1 de control) que presentaron ambos test.</li> <li>-El aumento del promedio de los resultados por pregunta entre el test 2 y 1 en el grupo experimental para el periodo I y III, son respectivamente 0.16 y 0.26. Esta diferencia fue de 0.12 en el grupo de control.</li> <li>-Todos los grupos comparables presentan mejor promedio en el test 2 que en el test 1. Sin embargo, los mejores promedios aparecen en el grupo experimental.</li> <li>-El grupo experimental del periodo III, es el que presenta la mayor diferencia positiva entre el test 2 respecto al test 1.</li> </ul>																																																																										

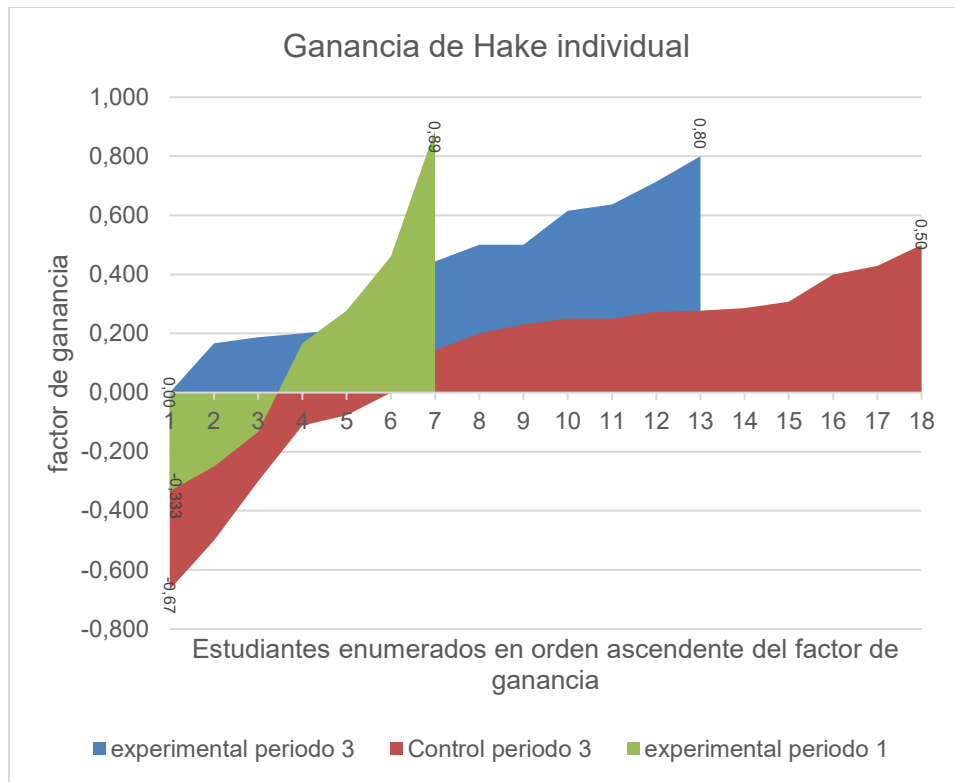
Ganancia de Hake por estudiante:

Con el análisis estadístico se pudo evidenciar que existe una diferencia significativa entre los resultados del test 1 y 2 para ambos grupos. También se pudo verificar una diferencia

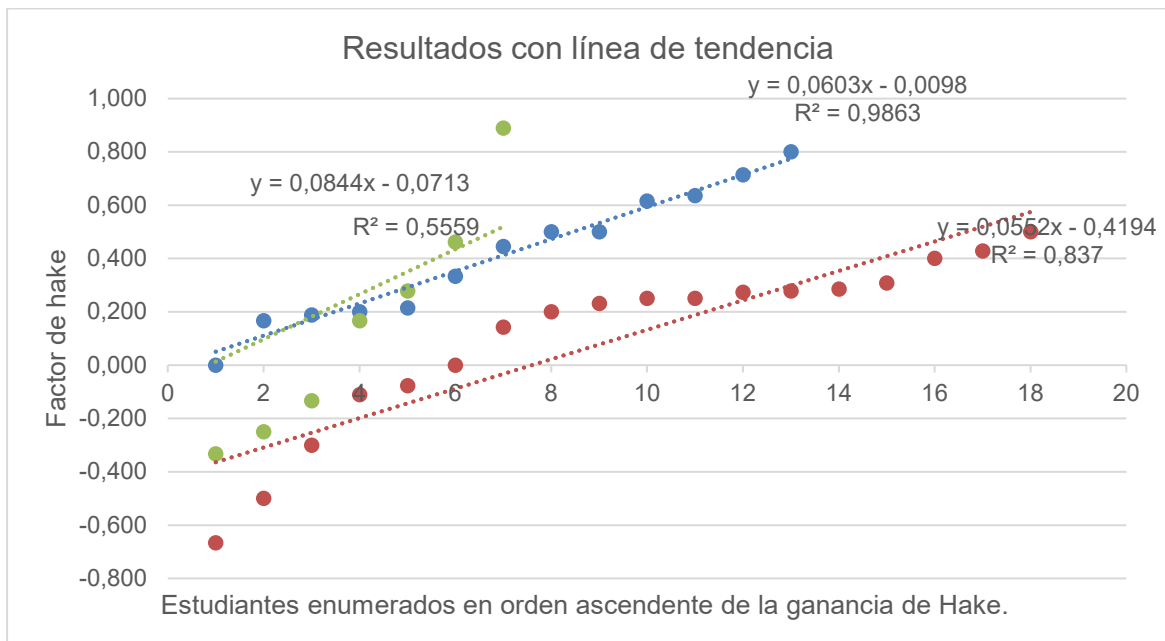
entre los resultados del test 2 para el grupo de control y el experimental del periodo III. Tales diferencias sugieren que la intervención pedagógica (enfocada en análisis microscópico y macroscópico de los conceptos básicos) genera mejores resultados cuantitativos en las pruebas.

Ahora, en este numeral, se busca una segunda forma de validar, cuantificar y comparar la influencia de la instrucción inicial (tradicional o intervención pedagógica) en los resultados del test 2 respecto al test 1. Para esto se analiza el resultado gráfico del cálculo del factor de ganancia de Hake, el cual pondera el efecto de la instrucción considerando el resultado del test 1 como punto de partida. Se realiza el cálculo de dos maneras, la primera comparando dicha ganancia por estudiante (ver ecuación 4-3), lo cual obliga a discriminar cual o cuales estudiantes de la población contestaron ambas pruebas. La segunda, comparando los resultados de ambos test por reactivo (ecuación 4-4).

Los resultados gráficos del cálculo de la ganancia de Hake por estudiante se presentan a continuación en el **Gráfico 5-1**. Este gráfico muestra visualmente el factor calculado por individuo y ordenado de menor a mayor resultado, enumerando con el 1 el estudiante con menor ganancia y así hasta llegar al límite superior de los resultados de cada grupo. El **Gráfico 5-2** presenta el factor de Hake también organizado de la misma forma pero adicionando una línea de tendencia para cada uno de los grupos.



**Gráfico 5-1.** Ganancia de Hake por individuo-Test 1 y 2- Grupo de control y experimentales periodos I y III



**Gráfico 5-2.** Línea de tendencia de factor de Hake ordenado-Test 1 y 2-Grupo de control y experimentales periodos I y III

Observaciones:

-Se puede apreciar de ambas gráficas (**Gráfico 5-1** y **Gráfico 5-2**) que para el periodo 3, el grupo experimental a diferencia del de control, no tuvo ganancias negativas<sup>2</sup>.

-Los límites superiores e inferiores de cada grupo están dados como sigue (ver **Tabla 5-16**):

**Tabla 5-16.** Rango de los resultados calculados de la ganancia de Hake.

	Ganancia de Hake		Rango	Número estudiantes comparados
	Límite inferior	Límite superior		
Grupo experimental periodo I	-0.33	0.89	1.22	7
Grupo experimental periodo III	0.00	0.80	0.8	13
Grupo control periodo III	-0.67	0.50	1.17	18

-El grupo que presentó el estudiante con mayor ganancia de Hake fue el grupo experimental del periodo I, seguido por el mismo grupo en el periodo III

-De las gráficas **Gráfico 5-1** y **Gráfico 5-2** se puede verificar gráficamente que los estudiantes sometidos a la intervención pedagógica presentan una mayor ganancia. Lo anterior según el cálculo del factor de Hake. Esto se debe contrastar por reactivo para establecer en qué ejes temáticos mejora dicho factor.

---

<sup>2</sup> Una ganancia negativa significa que el resultado del test 1 tuvo más respuestas acertadas que el test 2. Lo cual puede suceder por una o varias de las siguientes razones: la primera una mayor confusión luego de la intervención, la segunda una respuesta al azar de los reactivos del test 2 y la tercera dejar sin responder preguntas en el test 2. Para efectos de este estudio, el índice de dificultad ya considera el efecto del azar por ende se descarta la segunda razón. Asimismo para el análisis se establece que una pregunta no respondida, es una pregunta respondida erróneamente.

- Ganancia de Hake por reactivo.

Otra forma de estimar en términos de ganancia del conocimiento, es a partir del cálculo del factor de hake por reactivo (ver **Tabla 5-17**), considerando los resultados del índice de dificultad por pregunta. La **Tabla 5-18** presenta el resumen estadístico que muestra si hay diferencias significativas entre los grupos que respondieron ambos test en cada periodo<sup>3</sup> y la **Tabla 5-19** presenta gráficamente el resultado del cálculo del factor por pregunta, dividiendo los resultados por grupo de control, experimental y entre periodos del 2022.

Los resultados de la **Tabla 5-18** responden a las siguientes pruebas de hipótesis. Para la prueba t-Student se declaran las siguientes hipótesis:

H0: La diferencia hipotética de las medias del factor de hake es 0

Ha: La diferencia hipotética de las medias del factor de hake es diferente de 0.

Valor de significancia ( $\alpha$ )=0.05.

De igual manera, para establecer el tipo de prueba T-Student a aplicar, se realiza primero una prueba F para varianzas de dos muestras, con las siguientes hipótesis

H0: Las varianzas son iguales

Ha: Las varianzas son diferentes.

Valor de significancia ( $\alpha$ )=0.05.

Los resultados comparables, teniendo en cuenta que no hubo respuestas el primer semestre para el grupo de control, se encuentran en el comparativo de los resultados del factor de ganancia de Hake para el semestre III (ver **Gráfico 5-3**) grupos de control y experimental.

---

<sup>3</sup> Como se ha indicado, no fue posible calcular el factor de Hake para el grupo de control del periodo I-2022.

**Tabla 5-17.** Ganancia de Hake por reactivo-Test 1 y 2-Población estudiantes periodo I y III

Experimental periodo I		Control periodo III		Experimental periodo III	
Reactivo	Factor de ganancia	Reactivo	Factor de ganancia	Reactivo	Factor de ganancia
16	-0,65	18	-0,39	13	-1,35
12	-0,39	25	-0,25	4	-0,18
26	-0,35	19	-0,24	20	-0,18
2	-0,24	1	-0,08	16	-0,18
22	-0,24	22	-0,08	19	-0,01
27	-0,24	21	-0,04	8	0,00
29	-0,24	13	-0,04	1	0,07
18	-0,06	29	0,00	22	0,22
28	-0,03	5	0,01	30	0,26
10	0,07	20	0,07	11	0,33
4	0,17	11	0,10	12	0,37
15	0,17	4	0,11	29	0,49
23	0,17	15	0,17	28	0,50
1	0,19	17	0,20	2	0,50
3	0,32	24	0,20	9	0,53
5	0,38	12	0,21	14	0,53
19	0,38	27	0,26	27	0,61
20	0,44	16	0,26	5	0,61
24	0,54	28	0,27	15	0,61
7	0,59	3	0,30	23	0,61
11	0,59	8	0,30	24	0,61
30	0,69	26	0,34	7	0,71
14	0,71	23	0,35	26	0,74
17	0,77	7	0,36	10	0,76
6	1,00	30	0,44	17	0,76
8	1,00	9	0,46	3	0,80
9	1,00	6	0,49	18	0,80
13	1,00	14	0,49	21	0,89
21	1,00	2	0,57	6	1,00
25	1,00	10	0,65	25	1,00

De acuerdo a la **Tabla 4-7** el relleno verde está dado para factor de hake en el rango de ganancia alta, el amarillo para rango de ganancia media, rojo para rango de ganancia baja y azul para rango de ganancia negativa



Tabla 5-18. Prueba F y T-student resultados factor de Hake.

Experimental I vs Experimental III			Experimental III vs Control III		
	Periodo I	Periodo III		Experimental	Control
Media	0,33	0,41	Media	0,41	0,18
Varianza	0,24	0,23	Varianza	0,23	0,06
Observaciones	30,00	30,00	Observaciones	30,00	30,00
Grados de libertad	29,00	29,00	Grados de libertad	29,00	29,00
F	1,07	$h_0$	F	3,55	ha
P(F<=f) una cola	0,43		P(F<=f) una cola	0,00	
Valor crítico para F (una cola)	1,86		Valor crítico para F (una cola)	1,86	
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales			Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Periodo III	Periodo I		Experimental	Control
Media	0,41	0,33	Media	0,41	0,18
Varianza	0,23	0,24	Varianza	0,23	0,06
Observaciones	30,00	30,00	Observaciones	30,00	30,00
Varianza agrupada	0,24		Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Diferencia hipotética de las medias	0,00		Grados de libertad	44,00	
Grados de libertad	58,00		Estadístico t	2,33	ha
Estadístico t	0,70	$h_0$	P(T<=t) una cola	0,01	
P(T<=t) una cola	0,24		Valor crítico de t (una cola)	1,68	
Valor crítico de t (una cola)	1,67		P(T<=t) dos colas	0,02	
P(T<=t) dos colas	0,48		Valor crítico de t (dos colas)	2,02	
Valor crítico de t (dos colas)	2,00				
Observaciones: -Se acepta la $H_0$ , por ende, no es estadísticamente diferente el promedio de la ganancia en ambos grupos experimentales. Con lo cual se puede inferir que el avance en el resultado promedio es el mismo para ambos grupos experimentales de cada periodo. El resultado promedio da cuenta de un factor de ganancia de rango medio.			Observaciones. -Se acepta $H_a$ , es decir, existe una diferencia estadísticamente significativa entre el promedio del factor de ganancia del grupo experimental y el grupo de control del periodo III. -Los resultados ubican al promedio del grupo experimental dentro del rango de ganancia media, en contraste con el de control que se ubica en el rango de ganancia baja.		

**Tabla 5-19** Ganancia de Hake gráfica por reactivo-Test 1 y 2-Población estudiantes periodo I y III

Grupo experimental	Grupo de control																																																																																																																																
<p style="text-align: center;">PERIODO I</p> <table border="1"> <caption>Data for Periodo I Experimental Group</caption> <thead> <tr> <th>Número del Reactivo</th> <th>Factor de Ganancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>-0.65</td></tr> <tr><td>2</td><td>-0.39</td></tr> <tr><td>3</td><td>-0.35</td></tr> <tr><td>4</td><td>-0.24</td></tr> <tr><td>5</td><td>-0.24</td></tr> <tr><td>6</td><td>-0.24</td></tr> <tr><td>7</td><td>-0.06</td></tr> <tr><td>8</td><td>-0.06</td></tr> <tr><td>9</td><td>-0.03</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.07</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>13</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.19</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.32</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.38</td></tr> <tr><td>17</td><td>0.38</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.44</td></tr> <tr><td>19</td><td>0.54</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.59</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.59</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.69</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.71</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.77</td></tr> <tr><td>25</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>26</td><td>1.00</td></tr> </tbody> </table>	Número del Reactivo	Factor de Ganancia	1	-0.65	2	-0.39	3	-0.35	4	-0.24	5	-0.24	6	-0.24	7	-0.06	8	-0.06	9	-0.03	10	0.07	11	0.17	12	0.17	13	0.17	14	0.19	15	0.32	16	0.38	17	0.38	18	0.44	19	0.54	20	0.59	21	0.59	22	0.69	23	0.71	24	0.77	25	1.00	26	1.00	<p style="text-align: center;">No hay resultados</p>																																																																										
Número del Reactivo	Factor de Ganancia																																																																																																																																
1	-0.65																																																																																																																																
2	-0.39																																																																																																																																
3	-0.35																																																																																																																																
4	-0.24																																																																																																																																
5	-0.24																																																																																																																																
6	-0.24																																																																																																																																
7	-0.06																																																																																																																																
8	-0.06																																																																																																																																
9	-0.03																																																																																																																																
10	0.07																																																																																																																																
11	0.17																																																																																																																																
12	0.17																																																																																																																																
13	0.17																																																																																																																																
14	0.19																																																																																																																																
15	0.32																																																																																																																																
16	0.38																																																																																																																																
17	0.38																																																																																																																																
18	0.44																																																																																																																																
19	0.54																																																																																																																																
20	0.59																																																																																																																																
21	0.59																																																																																																																																
22	0.69																																																																																																																																
23	0.71																																																																																																																																
24	0.77																																																																																																																																
25	1.00																																																																																																																																
26	1.00																																																																																																																																
<p style="text-align: center;">PERIODO III</p> <table border="1"> <caption>Data for Periodo III Experimental Group</caption> <thead> <tr> <th>Número del Reactivo</th> <th>Factor de Ganancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>-1.35</td></tr> <tr><td>2</td><td>-0.18</td></tr> <tr><td>3</td><td>-0.18</td></tr> <tr><td>4</td><td>-0.18</td></tr> <tr><td>5</td><td>-0.18</td></tr> <tr><td>6</td><td>-0.06</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.07</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.22</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.26</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.33</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.37</td></tr> <tr><td>13</td><td>0.49</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.53</td></tr> <tr><td>17</td><td>0.53</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>19</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.71</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.71</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.74</td></tr> <tr><td>26</td><td>0.76</td></tr> <tr><td>27</td><td>0.76</td></tr> <tr><td>28</td><td>0.80</td></tr> <tr><td>29</td><td>0.80</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.89</td></tr> <tr><td>31</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>32</td><td>1.00</td></tr> </tbody> </table>	Número del Reactivo	Factor de Ganancia	1	-1.35	2	-0.18	3	-0.18	4	-0.18	5	-0.18	6	-0.06	7	0.00	8	0.07	9	0.22	10	0.26	11	0.33	12	0.37	13	0.49	14	0.50	15	0.50	16	0.53	17	0.53	18	0.61	19	0.61	20	0.61	21	0.61	22	0.61	23	0.71	24	0.71	25	0.74	26	0.76	27	0.76	28	0.80	29	0.80	30	0.89	31	1.00	32	1.00	<p style="text-align: center;">PERIODO III</p> <table border="1"> <caption>Data for Periodo III Control Group</caption> <thead> <tr> <th>Número del Reactivo</th> <th>Factor de Ganancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>-0.39</td></tr> <tr><td>2</td><td>-0.25</td></tr> <tr><td>3</td><td>-0.24</td></tr> <tr><td>4</td><td>-0.08</td></tr> <tr><td>5</td><td>-0.08</td></tr> <tr><td>6</td><td>-0.04</td></tr> <tr><td>7</td><td>-0.04</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.08</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.07</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.11</td></tr> <tr><td>13</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.20</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.20</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.21</td></tr> <tr><td>17</td><td>0.26</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.26</td></tr> <tr><td>19</td><td>0.27</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.30</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.30</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.34</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.35</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.36</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.44</td></tr> <tr><td>26</td><td>0.46</td></tr> <tr><td>27</td><td>0.49</td></tr> <tr><td>28</td><td>0.49</td></tr> <tr><td>29</td><td>0.57</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.65</td></tr> </tbody> </table>	Número del Reactivo	Factor de Ganancia	1	-0.39	2	-0.25	3	-0.24	4	-0.08	5	-0.08	6	-0.04	7	-0.04	8	0.08	9	0.01	10	0.07	11	0.10	12	0.11	13	0.17	14	0.20	15	0.20	16	0.21	17	0.26	18	0.26	19	0.27	20	0.30	21	0.30	22	0.34	23	0.35	24	0.36	25	0.44	26	0.46	27	0.49	28	0.49	29	0.57	30	0.65
Número del Reactivo	Factor de Ganancia																																																																																																																																
1	-1.35																																																																																																																																
2	-0.18																																																																																																																																
3	-0.18																																																																																																																																
4	-0.18																																																																																																																																
5	-0.18																																																																																																																																
6	-0.06																																																																																																																																
7	0.00																																																																																																																																
8	0.07																																																																																																																																
9	0.22																																																																																																																																
10	0.26																																																																																																																																
11	0.33																																																																																																																																
12	0.37																																																																																																																																
13	0.49																																																																																																																																
14	0.50																																																																																																																																
15	0.50																																																																																																																																
16	0.53																																																																																																																																
17	0.53																																																																																																																																
18	0.61																																																																																																																																
19	0.61																																																																																																																																
20	0.61																																																																																																																																
21	0.61																																																																																																																																
22	0.61																																																																																																																																
23	0.71																																																																																																																																
24	0.71																																																																																																																																
25	0.74																																																																																																																																
26	0.76																																																																																																																																
27	0.76																																																																																																																																
28	0.80																																																																																																																																
29	0.80																																																																																																																																
30	0.89																																																																																																																																
31	1.00																																																																																																																																
32	1.00																																																																																																																																
Número del Reactivo	Factor de Ganancia																																																																																																																																
1	-0.39																																																																																																																																
2	-0.25																																																																																																																																
3	-0.24																																																																																																																																
4	-0.08																																																																																																																																
5	-0.08																																																																																																																																
6	-0.04																																																																																																																																
7	-0.04																																																																																																																																
8	0.08																																																																																																																																
9	0.01																																																																																																																																
10	0.07																																																																																																																																
11	0.10																																																																																																																																
12	0.11																																																																																																																																
13	0.17																																																																																																																																
14	0.20																																																																																																																																
15	0.20																																																																																																																																
16	0.21																																																																																																																																
17	0.26																																																																																																																																
18	0.26																																																																																																																																
19	0.27																																																																																																																																
20	0.30																																																																																																																																
21	0.30																																																																																																																																
22	0.34																																																																																																																																
23	0.35																																																																																																																																
24	0.36																																																																																																																																
25	0.44																																																																																																																																
26	0.46																																																																																																																																
27	0.49																																																																																																																																
28	0.49																																																																																																																																
29	0.57																																																																																																																																
30	0.65																																																																																																																																

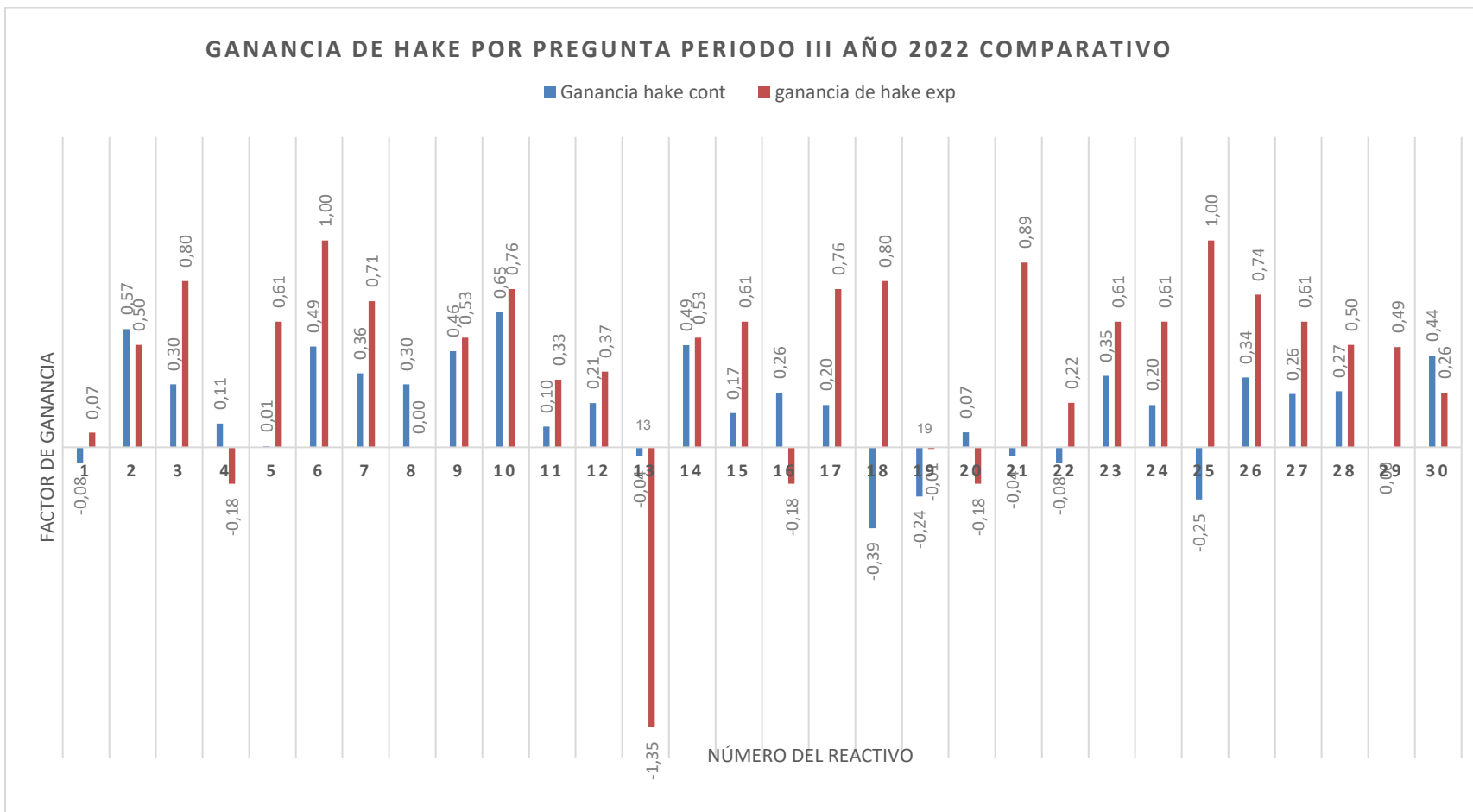


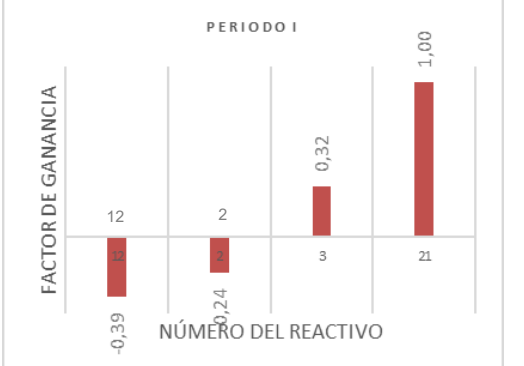
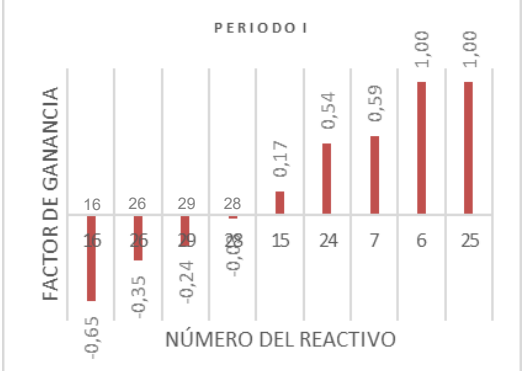
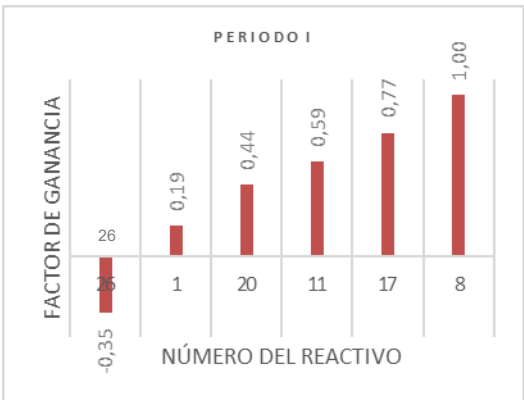
Gráfico 5-3. Ganancia de Hake comparativo-Población: estudiantes periodo III

En términos del cálculo del factor de Hake se puede establecer de forma numérica, que el grupo experimental tuvo mejores ganancias respecto al grupo de control del periodo 3. Lo que se traduce en un mayor avance en el desempeño de los estudiantes considerando sus conocimientos iniciales. De igual manera y a pesar de no tener datos comparables en el periodo 1, sí es posible evidenciar de manera estadística, que los grupos experimentales de ambos periodos, tuvieron el mismo resultado promedio general del factor de ganancia. Resultado que permite inferir, en términos de ganancia, que la intervención pedagógica tuvo el mismo efecto en ambos grupos experimentales. Sin embargo, este apartado se interesa principalmente por lo ocurrido en los reactivos que evalúan los objetivos de los conceptos de energía, corriente y tensión, por ende, se procede a analizar de manera separada los reactivos de cada eje temático y objetivo

□ Ganancia de Hake diferenciando los objetivos

De la **Tabla 5-20** a la **Tabla 5-24** se exponen los factores de Hake para cada uno de los reactivos, separando por periodos y por grupos y diferenciando los ejes temáticos que evalúan, así como sus objetivos. De esta manera se estima el impacto de la enseñanza en los objetivos de cada eje temático. Lo anterior para los conceptos de tensión, corriente y energía.

**Tabla 5-20** Ganancia de Hake gráfica por reactivo y eje temático-Población estudiantes periodo I

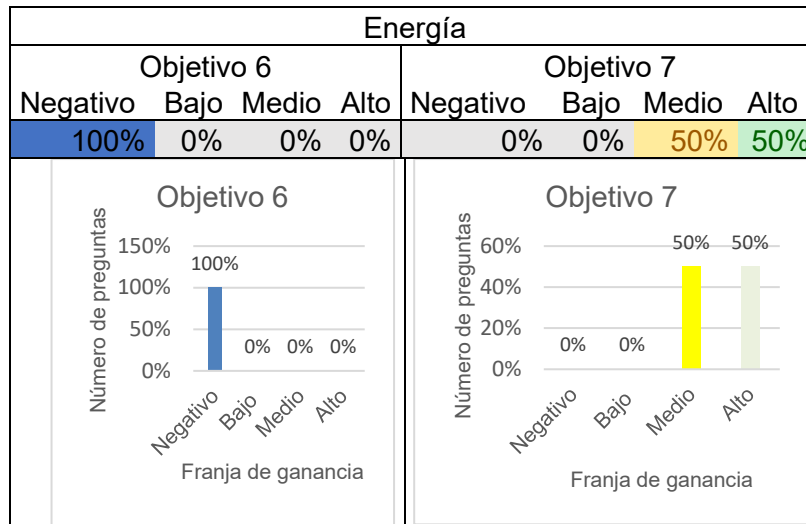
Grupo experimental	Grupo de control																					
 <p>PERIODO I</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del reactivo</th><td>12</td><td>2</td><td>3</td><td>21</td></tr> <tr><th>Factor de ganancia</th><td>-0,39</td><td>-0,24</td><td>0,32</td><td>1,00</td></tr> </table>	Número del reactivo	12	2	3	21	Factor de ganancia	-0,39	-0,24	0,32	1,00	No hay resultados	Energía										
Número del reactivo	12	2	3	21																		
Factor de ganancia	-0,39	-0,24	0,32	1,00																		
 <p>PERIODO I</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del reactivo</th><td>16</td><td>26</td><td>29</td><td>28</td><td>15</td><td>24</td><td>7</td><td>6</td><td>25</td></tr> <tr><th>Factor de ganancia</th><td>-0,65</td><td>-0,35</td><td>-0,24</td><td>-0,08</td><td>0,17</td><td>0,54</td><td>0,59</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr> </table>	Número del reactivo	16	26	29	28	15	24	7	6	25	Factor de ganancia	-0,65	-0,35	-0,24	-0,08	0,17	0,54	0,59	1,00	1,00	No hay resultados	Tensión
Número del reactivo	16	26	29	28	15	24	7	6	25													
Factor de ganancia	-0,65	-0,35	-0,24	-0,08	0,17	0,54	0,59	1,00	1,00													
 <p>PERIODO I</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p> <table border="1"> <tr><th>Número del reactivo</th><td>26</td><td>1</td><td>20</td><td>11</td><td>17</td><td>8</td></tr> <tr><th>Factor de ganancia</th><td>-0,35</td><td>0,19</td><td>0,44</td><td>0,59</td><td>0,77</td><td>1,00</td></tr> </table>	Número del reactivo	26	1	20	11	17	8	Factor de ganancia	-0,35	0,19	0,44	0,59	0,77	1,00	No hay resultados	Corriente						
Número del reactivo	26	1	20	11	17	8																
Factor de ganancia	-0,35	0,19	0,44	0,59	0,77	1,00																

A continuación, se presentan las observaciones de los resultados gráficos mostrados en la **Tabla 5-20** teniendo en cuenta los ejes temáticos y los objetivos evaluados según la **Tabla 4-1**:

**-En los aspectos relacionados con energía (objetivos 6 y 7):** Del total de preguntas, el grupo experimental presenta el 100% de los reactivos con ganancia negativa al evaluar el

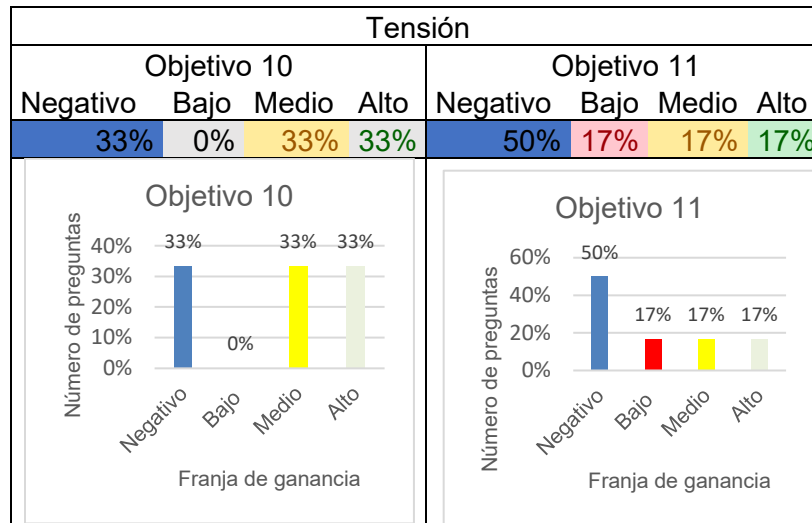
objetivo 6. En contraste, en el caso del objetivo 7, este grupo muestra un desempeño sobresaliente, con resultados en sus reactivos que alcanzan valores dentro del rango de ganancia alta y media. Esta variabilidad (resumida en la **Tabla 5-21**) en los resultados puede deberse eventualmente a la diferencia del número de personas que respondió el test 1 vs el test 2 (**Tabla 5-1** y **Tabla 5-2** ).

**Tabla 5-21.** Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, energía-grupo experimental-Población: Estudiantes periodo 1-2022



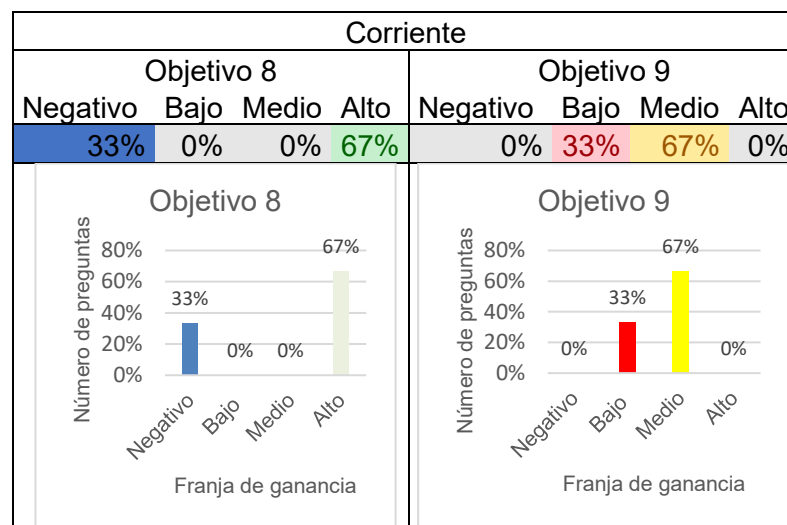
**-En los aspectos relacionados con tensión (objetivos 10 y 11):** El grupo experimental presenta para el objetivo 10 los siguientes resultados (resumidos en la **Tabla 5-22**). Uno de sus reactivos con factor de ganancia negativo, uno con factor ubicado en el rango de ganancia alta y otro en el rango de ganancia media. Para el objetivo 11 el factor de ganancia de hake presenta 3 reactivos con valores negativos, 1 con rango alto, 1 con rango medio y 1 con rango bajo. Estos resultados, una vez más, con alta variabilidad debido a la diferencia entre el número de estudiantes que en el periodo 1 de 2022 respondió el test 1 y el test 2.

**Tabla 5-22** Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake tensión-grupo experimental- Población: Estudiantes periodo 1-2022

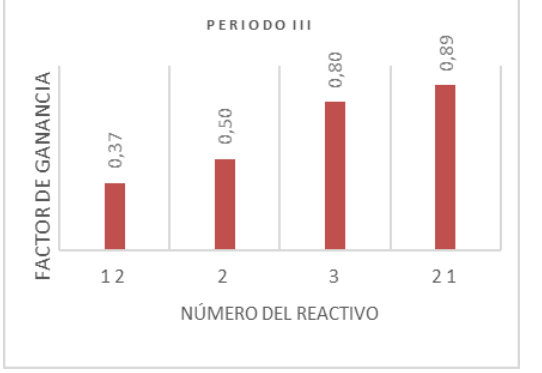
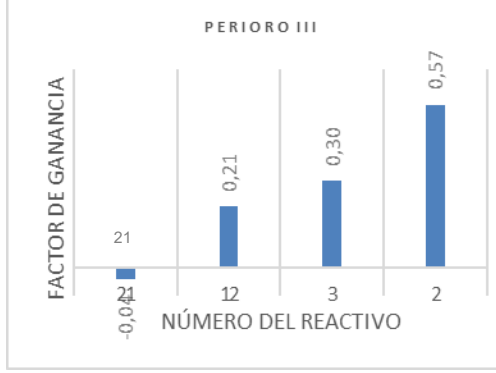
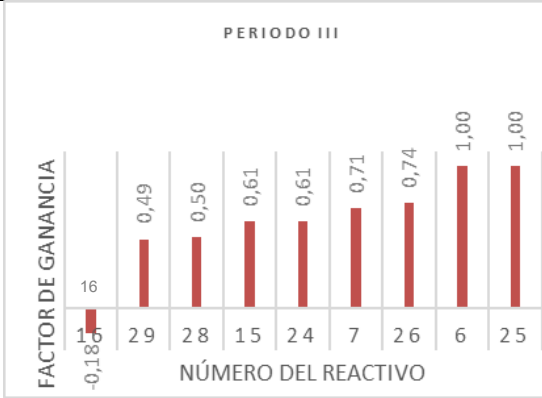
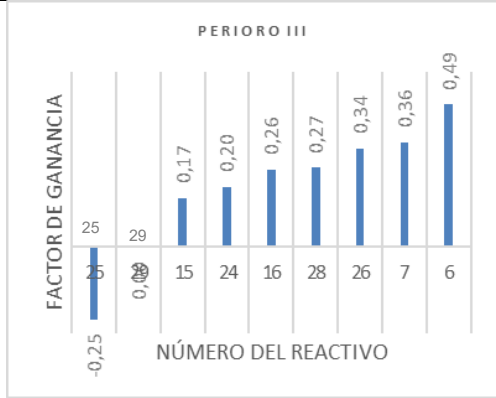
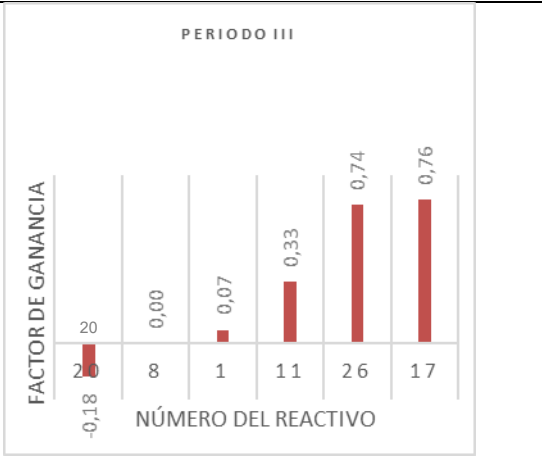
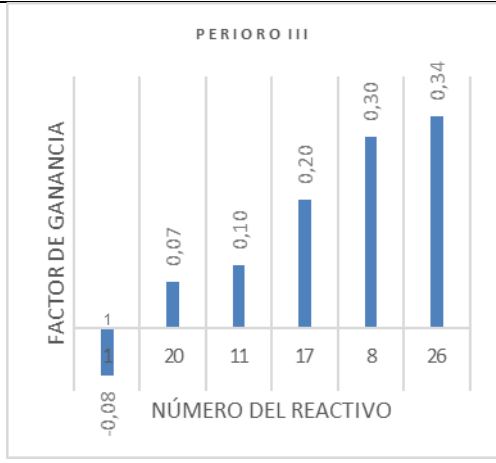


**-En los aspectos relacionados con corriente (objetivos 8 y 9):** El grupo experimental presenta para el objetivo 8 a 2 reactivos en el rango de ganancia alta y 1 con ganancia negativa. Para el objetivo 9 se tienen 2 reactivos en rango medio y 1 en rango bajo. Estos resultados permiten inferir que el grupo experimental presenta para los reactivos, mayoritariamente una ganancia en el conocimiento y se debe revisar lo sucedido con el ítem de ganancia negativa.

**Tabla 5-23** Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, corriente-grupo experimental- Población: Estudiantes periodo 1-2022



**Tabla 5-24** Ganancia de Hake gráfica por reactivo y eje temático-Población estudiantes periodo III

Grupo experimental	Grupo de control	
 <p>PERIODO III</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	 <p>PERIODO III</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	Energía
 <p>PERIODO III</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	 <p>PERIODO III</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	Tensión
 <p>PERIODO III</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	 <p>PERIODO III</p> <p>FACTOR DE GANANCIA</p> <p>NÚMERO DEL REACTIVO</p>	Corriente

A continuación, se presentan las observaciones de los resultados gráficos mostrados en la **Tabla 5-24** teniendo en cuenta los ejes temáticos y los objetivos evaluados según la **Tabla 4-1**:



-En los aspectos relacionados con energía (objetivos 6 y 7): el grupo experimental presenta resultados notables al evaluar el objetivo 6. Los resultados de los reactivos indican un factor de ganancia que los sitúa en el rango medio. Además, en el caso del objetivo 7, este grupo muestra un desempeño sobresaliente, con resultados en sus reactivos que alcanzan valores dentro del rango de ganancia alta.

En contraste, el grupo de control obtiene resultados menos favorables para el objetivo 6, con un reactivo con factor de hake en el rango de ganancia media y otro en el rango de ganancia baja. De manera similar, para el objetivo 7, el grupo de control logra un factor de ganancia de nivel bajo y también se observa un reactivo con un factor de ganancia negativo. Este último se debe discutir para entender sus implicaciones en términos de ganancia del aprendizaje (ver **Tabla 5-25**)

**Tabla 5-25** Porcentaje reactivos por rangos de Hake, energía-grupo experimental y control-Población: Estudiantes periodo 3-2022

Grupo	Energía							
	Objetivo 6				Objetivo 7			
	Negativo	Bajo	Medio	Alto	Negativo	Bajo	Medio	Alto
Experimental periodo III	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	100%
Control periodo III	0%	50%	50%	0%	50%	50%	0%	0%

**-En los aspectos relacionados con tensión (objetivos 10 y 11):** El grupo experimental muestra para el objetivo 10 los siguientes resultados. Uno de sus reactivos con factor de ganancia negativo y los restantes con factor ubicado en el rango de ganancia alta. Para el objetivo 11 el factor de ganancia de hake del grupo se ubica dentro de los rangos de ganancia media y alta.

En suma, de los 9 reactivos que evalúan tensión, 4 tienen factor de ganancia en rango alto, 4 en rango medio y 1 con valor negativo. Lo que permite evidenciar numéricamente que el grupo presenta un avance sobresaliente en términos de los objetivos que evalúan tensión. No obstante, y como se ha establecido en este capítulo, la presencia de un reactivo negativo se debe discutir al final de este documento.

En cuanto al grupo de control, el objetivo 10 presenta un reactivo con factor de ganancia en el rango medio, otro en el rango bajo y uno con factor negativo. Para el objetivo 11, los factores de Hake están distribuidos 2 en el rango de ganancia media, 3 en el rango de ganancia baja y 1 con factor de ganancia 0 que también lo ubica en el rango de ganancia baja. En resumen, de los 9 reactivos que evalúan tensión, 3 tuvieron un factor de ganancia que los ubica en un rango medio, 5 en un rango bajo y uno con factor de ganancia negativo.

Estos resultados al ser contrastados permiten inferir un desempeño sobresaliente en el grupo experimental y un desempeño aceptable en el grupo de control. Para el objetivo 10 es destacable que ambos grupos presentan igual número de reactivos con factor negativo pero el grupo de control no tiene resultados en la franja alta. Asimismo, para el objetivo 11 los resultados proporcionalmente son los mismos, pero para el grupo de control aparecen en la franja media-baja y para el grupo experimental en la franja media-alta (ver **Tabla 5-26**).

**Tabla 5-26** Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, tensión-grupo experimental y control-Población: Estudiantes periodo 3-2022

Grupo	Tensión							
	Objetivo 10				Objetivo 11			
	Negativo	Bajo	Medio	Alto	Negativo	Bajo	Medio	Alto
Experimental periodo III	33%	0%	0%	67%	0%	0%	67%	33%
Control periodo III	33%	33%	33%	0%	0%	67%	33%	0%

**-En los aspectos relacionados con corriente (objetivos 8 y 9):** El grupo experimental presenta para el objetivo número 8, un 33% de reactivos con factor de ganancia 0 (rango bajo) y 67% de reactivos con factor de ganancia en rango alto. En cuanto al objetivo 9, el factor de ganancia se ubica con 33% de reactivos en rango medio, 33% en rango bajo y 33% con factor de ganancia negativo. En resumen, de los 6 reactivos que evalúan corriente, 2 tuvieron resultados que los ubicaron en el rango alto, 1 en el rango medio, 2 en el rango bajo y 1 con valor negativo.

El grupo de control para el objetivo 8 tuvo un reactivo (equivalente al 33%) con factor de ganancia ubicado en rango medio y 2 (equivalentes al 67%) en rango bajo. Para el objetivo número 9 se obtuvieron 2 reactivos (equivalentes al 67%) con factor en rango bajo y 1 reactivo (equivalente al 33%) con factor negativo. En resumen, de los 6 reactivos que

evalúan corriente, uno se encuentra en rango medio, 4 en rango bajo y 1 con factor negativo.

Al contrastar los resultados se puede deducir que para el objetivo número 8 el grupo experimental presenta resultados sobresalientes. En el caso del grupo de control presenta resultados que pueden catalogarse como aceptables. En el caso del objetivo número 9 ambos grupos presentan el mismo número de reactivos con “ganancia negativa”. Se diferencian en que el grupo de control, no tuvo ganancia en la franja media o alta.

**Tabla 5-27** Porcentaje reactivos por rangos factor de Hake, corriente-grupo experimental y control-Población: Estudiantes periodo 3-2022

Grupo	Corriente							
	Objetivo 8				Objetivo 9			
	Negativo	Bajo	Medio	Alto	Negativo	Bajo	Medio	Alto
Experimental periodo III	0%	33%	0%	67%	33%	33%	33%	0%
Control periodo III	0%	67%	33%	0%	33%	67%	0%	0%

## 5.2. Resultados y análisis de aplicación del libro de códigos.

Aquí se presentan los datos derivados de la aplicación del libro de códigos, tal como se especifica en el apartado 4.3.2. Inicialmente, se expondrán los resultados de emplear el libro de códigos para analizar las respuestas a las preguntas que representaron un desafío significativo para los grupos. Posteriormente, se presentarán los datos recopilados en el grupo experimental durante la intervención pedagógica.

### 5.2.1. Resultados y análisis libro de códigos a preguntas del direct

Antes de someter los resultados obtenidos del direct al libro de códigos, y con los resultados tabulados en la **Tabla 5-10** y **Tabla 5-11**, se procede a identificar los reactivos que presentaron mayores dificultades para la población durante el primer test. Una vez detectados, se presenta la respuesta que obtuvo la mayor frecuencia (la moda) dentro de las opciones. Este dato permite utilizar el enfoque proporcionado por el libro de códigos para comprender la dificultad conceptual que llevó a la elección del distractor incorrecto. Se considera únicamente el primer test, por ser este el que muestra el estado conceptual inicial del estudiante.

La **Tabla 5-28** presenta los ítems que exhibieron un índice de dificultad que los situó en el primer decil al ordenarse de la más difícil a la más fácil dentro de cada grupo poblacional. Lo anterior considerando tanto los semestres como los grupos en sí. Las preguntas se han organizado en orden ascendente, desde las más a las menos desafiantes, basándose en los datos extraído de la **Tabla 5-10** y **Tabla 5-11**.

Al reorganizar de mayor a menor las preguntas según la frecuencia con la que aparecieron en cada grupo y el lugar que ocupaban según la dificultad (de la más difícil a la más fácil), se pueden reordenar como se tabula en la **Tabla 5-29**.

**Tabla 5-28.** Preguntas ubicadas en el primer decil-test 1 -Población periodos I y III de 2022

<b>Grupo</b>	<b>Número de la pregunta ordenada de mayor a menor dificultad-Semestre I</b>	<b>Número de la pregunta ordenada de mayor a menor dificultad-Semestre III.</b>
Experimental	1-20-28	1-29-24
Control	1-29-20	20-29-12

**Tabla 5-29.** Orden de las preguntas de mayor a menor dificultad-Test 1- Población periodos I y III de 2022

<b>Número de la pregunta</b>	<b>Objetivo y eje temático evaluado</b>	<b>Cantidad de apariciones en el primer lugar</b>	<b>Cantidad de apariciones en el segundo lugar</b>	<b>Cantidad de apariciones en el tercer lugar</b>
<b>1</b>	9-corriente	3	0	0
<b>20</b>	9-corriente	1	1	1
<b>29</b>	11-tensión	0	3	0
<b>12</b>	6-energía	0	0	1
<b>24</b>	11-tensión	0	0	1
<b>28</b>	11-tensión	0	0	1

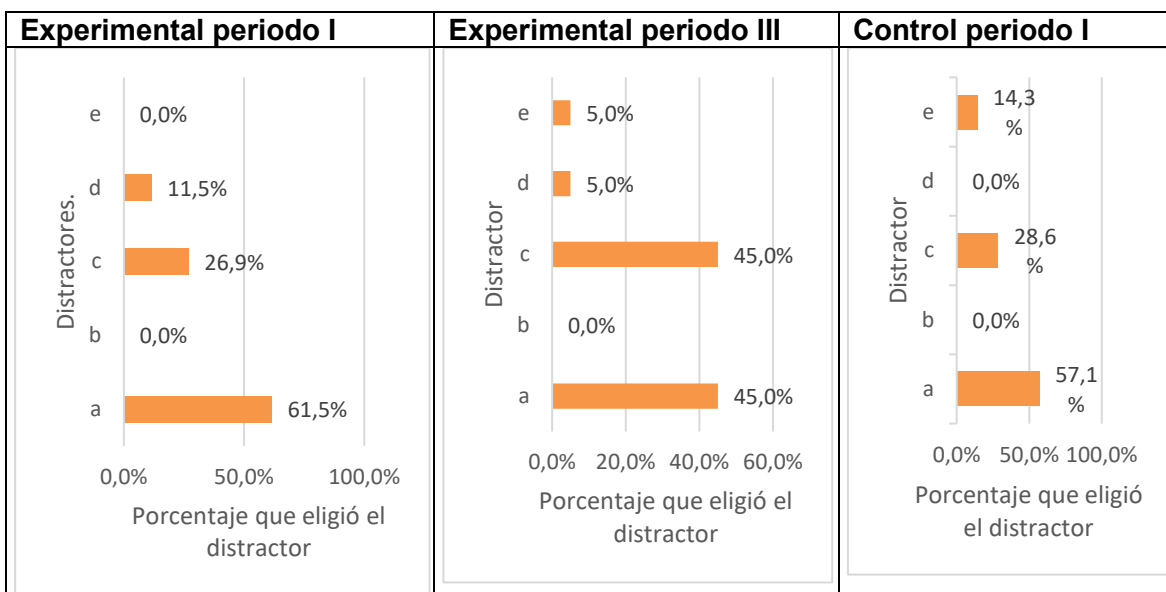
Con lo anterior se procede a presentar cuales fueron los distractores erróneos elegidos para cada una de estas preguntas y el código que aplica para ese distractor. Cabe resaltar, según lo establecido en la **Tabla 5-29**, que ninguna pregunta apareció en los 4 grupos (experimental y control, periodos I y III) ubicada en el decil 1. Asimismo, la pregunta numero 1 ocupó siempre el primer lugar cuando apareció en dicho decil.

Adicional a lo anterior y siguiendo lo presentado en la **Tabla 5-29**, se puede afirmar que el eje temático que tiene mayor número de apariciones es el relacionado con tensión, seguido por el de corriente. A continuación, se presentan las respuestas elegidas por los estudiantes para cada una de las preguntas. Sus resultados se muestran siguiendo el orden de aparición de la **Tabla 5-29**

*Pregunta 1: La emisión de luz en un bombillo, ¿Es debido al uso de las cargas eléctricas que circulan a través de él?*

- A** *Sí, las cargas moviéndose a través del filamento producen fricción la cual calienta el filamento y produce luz.*
- B** *Sí, las cargas son emitidas.*
- C** *No, la carga se conserva. Simplemente se convierte en otra forma de energía como calor y luz.*
- D** *No, la carga se conserva. Las cargas moviéndose a través del filamento producen fricción la cual calienta el filamento y produce luz*
- E** *no contestada*

**Tabla 5-30.** Respuestas a pregunta 1.

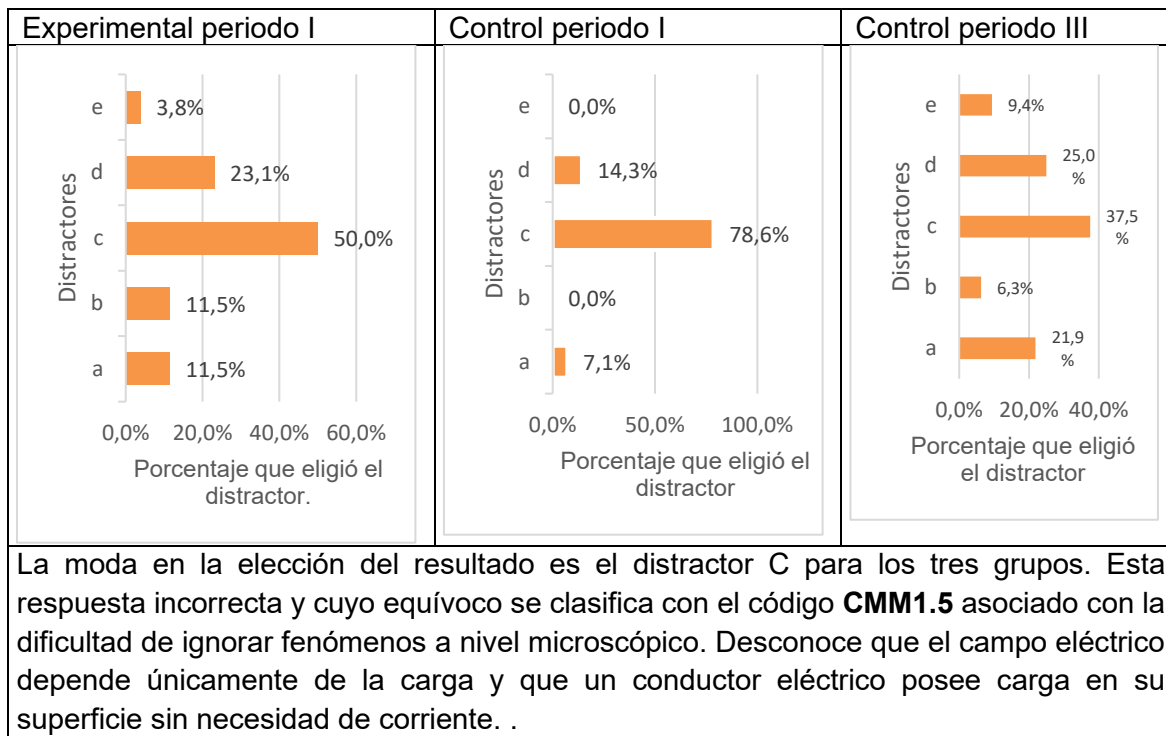


El distractor A es una respuesta que puede clasificarse con el código **CMM1.1** y **CMM1.4**. De igual forma el distractor C cabe dentro del código **CMM1.1**. Teniendo en cuenta que son estos distractores los que constituyen la moda para los 3 grupos donde aparecen, se puede establecer que hay en los estudiantes evaluados una predisposición a confundir la conversión de energía eléctrica a otras forma de energía, con el “gasto” de electrones o corriente eléctrica. Al elegir el distractor C como la segunda opción mayoritariamente respondida, se puede ratificar que para esta pregunta los estudiantes evidencian una fuerte falencia con el principio de conservación de la carga.

*Pregunta 20: Dentro de un bombillo, en su filamento de tungsteno, ¿el campo eléctrico es igual a cero o diferente de cero?*

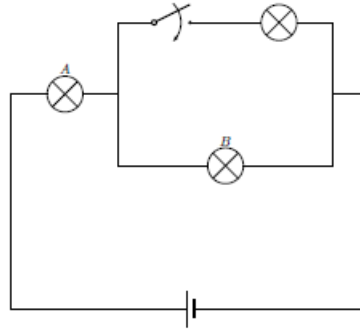
- A**      *Cero porque el filamento es un conductor*
- B**      *Cero porque hay una corriente fluyendo*
- C**      *Diferente de cero porque el circuito está completo y hay una corriente fluyendo.*
- D**      *Diferente de cero porque hay cargas en la superficie del filamento*
- E**      *No contestó*

**Tabla 5-31.** Respuestas a pregunta 20



*Pregunta 29: ¿Qué sucede con el brillo de los bombillos A y B cuando el interruptor se cierra?*





**Ilustración 5-2.** Circuito para pregunta 29. Fuente: DIRECT.

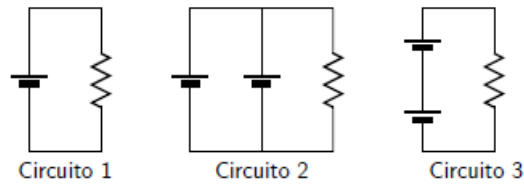
- A** *A permanece igual, B se atenúa*
- B** *A brilla más, B se atenúa.*
- C** *A y B se incrementan.*
- D** *A y B disminuyen*
- E** *A y B permanecen iguales*
- F** *no contestó*

**Tabla 5-32.** Respuestas a pregunta 29

Experimental periodo III	Control periodo I	Control periodo III																																										
<table border="1"> <tr><th>Distractor</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>f</td><td>0,0%</td></tr> <tr><td>e</td><td>20,0%</td></tr> <tr><td>d</td><td>0,0%</td></tr> <tr><td>c</td><td>5,0%</td></tr> <tr><td>b</td><td>20,0%</td></tr> <tr><td>a</td><td>55,0%</td></tr> </table>	Distractor	Porcentaje	f	0,0%	e	20,0%	d	0,0%	c	5,0%	b	20,0%	a	55,0%	<table border="1"> <tr><th>Distractor</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>f</td><td>7,1%</td></tr> <tr><td>e</td><td>21,4%</td></tr> <tr><td>d</td><td>21,4%</td></tr> <tr><td>c</td><td>7,1%</td></tr> <tr><td>b</td><td>7,1%</td></tr> <tr><td>a</td><td>35,7%</td></tr> </table>	Distractor	Porcentaje	f	7,1%	e	21,4%	d	21,4%	c	7,1%	b	7,1%	a	35,7%	<table border="1"> <tr><th>Distractor</th><th>Porcentaje</th></tr> <tr><td>f</td><td>6,3%</td></tr> <tr><td>e</td><td>12,5%</td></tr> <tr><td>d</td><td>15,6%</td></tr> <tr><td>c</td><td>6,3%</td></tr> <tr><td>b</td><td>21,8%</td></tr> <tr><td>a</td><td>37,5%</td></tr> </table>	Distractor	Porcentaje	f	6,3%	e	12,5%	d	15,6%	c	6,3%	b	21,8%	a	37,5%
Distractor	Porcentaje																																											
f	0,0%																																											
e	20,0%																																											
d	0,0%																																											
c	5,0%																																											
b	20,0%																																											
a	55,0%																																											
Distractor	Porcentaje																																											
f	7,1%																																											
e	21,4%																																											
d	21,4%																																											
c	7,1%																																											
b	7,1%																																											
a	35,7%																																											
Distractor	Porcentaje																																											
f	6,3%																																											
e	12,5%																																											
d	15,6%																																											
c	6,3%																																											
b	21,8%																																											
a	37,5%																																											

La moda en la elección del resultado, es el distractor A, respuesta incorrecta y cuyo equívoco se clasifica con los códigos **CB1.4** y **CB2.3**. El primero da cuenta de una forma de solucionar los circuitos mediante un razonamiento secuencial en corriente, esto es, los cambios en alguna parte del circuito solo afectan a los elementos que considera están “después” de dicha afectación o cambio, siguiendo la dirección de la corriente. En contraste, el segundo código evidencia un razonamiento nodal local, esto es, no encuentra la diferencia de tensión en todo el sistema, sino únicamente entre los nodos del componente que se modifica.

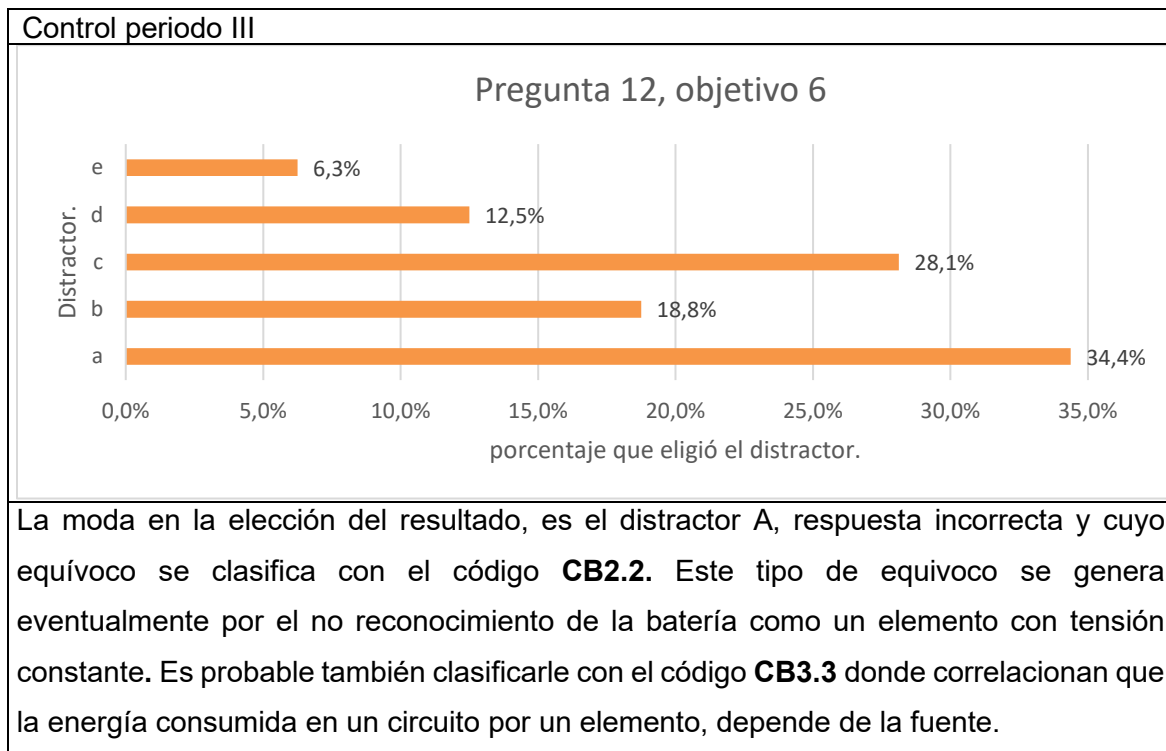
*Pregunta 12. Considere la potencia entregada a cada uno de los resistores mostrados en los siguientes circuitos. ¿En cuál(es) circuito(s) recibe el resistor la menor potencia?*



**Ilustración 5-3.** Circuitos para la pregunta 12. Fuente: DIRECT.

- A**      *Circuito 1*
- B**      *Circuito 2*
- C**      *Circuito 1 = Circuito 2*
- D**      *Circuito 1= circuito 3*
- E**      *No contestó*

**Tabla 5-33.** Respuestas a pregunta 12

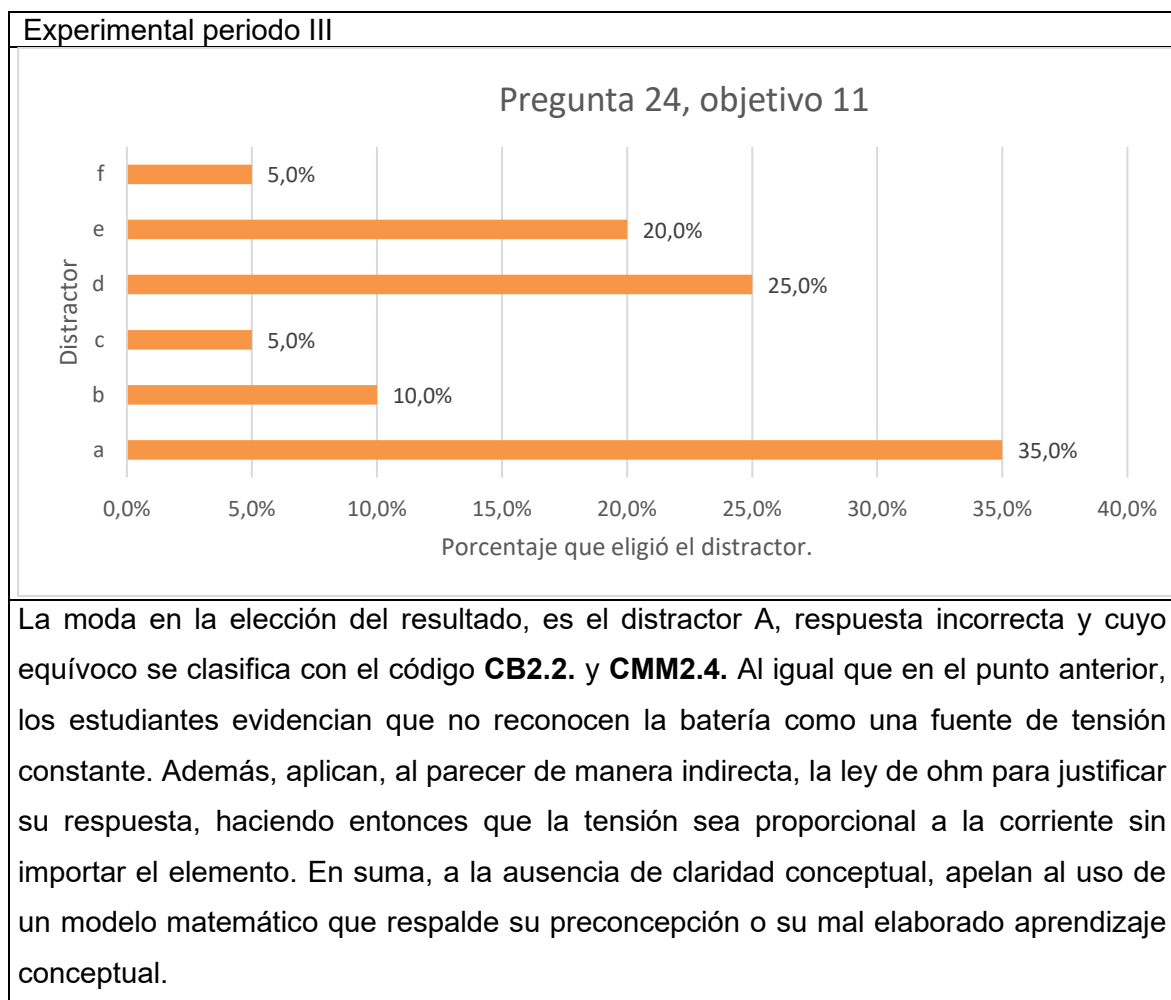


*Pregunta 24: Si se duplica la corriente a través de una batería, ¿se duplica la diferencia de potencial en la batería?*

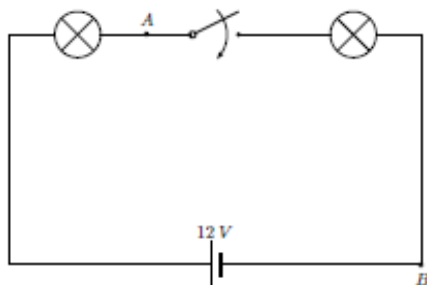
- A**      *sí, porque la ley de ohm dice que  $V=IR$*

- B** *Sí, porque a medida que se incrementa la resistencia, se incrementa la diferencia de potencial.*
- C** *No, porque si se duplica la corriente, se reduce la diferencia de potencial a la mitad.*
- D** *No, porque la diferencia de potencial es una propiedad de la batería.*
- E** *No, porque la diferencia de potencial es una propiedad de todos los elementos en el circuito*
- F** *no contestó*

**Tabla 5-34.** Respuestas a pregunta 24



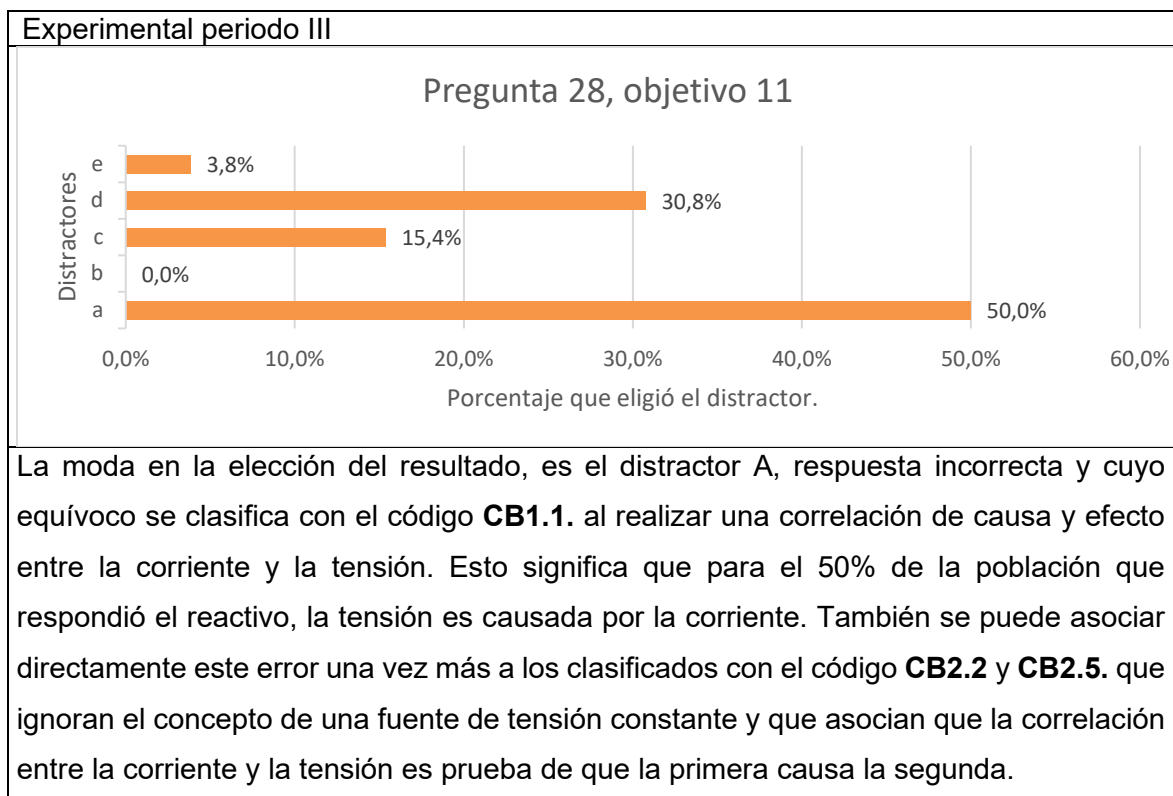
Pregunta 28: ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos A y B, con el interruptor abierto?



**Ilustración 5-4.** Circuito de la pregunta 28. Fuente: DIRECT.

- A**      0V
- B**      3V
- C**      6V
- D**      12V
- E**      no contestó

**Tabla 5-35.** Respuestas a pregunta 28



De los resultados presentados en este numeral, se destaca que el error recurrente de los estudiantes está asociado con el concepto básico de tensión (CB2.2). Seguido de los errores asociados al concepto de corriente (CB1.1) y conversión de energía (CMM1.1). Estas asociaciones erróneas de conceptos, se deben probablemente a ideas incompletas o mal elaboradas.

Prueba de lo anterior, la manera como no pueden asumir la batería como fuente constante de tensión. Así como también a un problema al analizar la causalidad entre corriente y tensión. No se concibe, según el resultado, la existencia de tensión sin corriente.

Esto daría cuenta de ideas incompletas o conceptos particulares que se asumen generales. De igual manera, el resultado que evidencia la asociación aparente entre el “gasto de electrones” y la conversión de energía, evidenciaría que existen ideas previas, bien sea incompletas o erróneas. Para poder aproximarse a las razones subyacentes (si es que las hay) de estos problemas, se requiere validar con otros elementos de análisis.

### **5.2.2. Resultados y análisis libro de códigos aplicado al grupo experimental durante el semestre.**

En este numeral se presentan los resultados más significativos o relevantes de aplicar el libro de códigos a los distintos elementos de seguimiento que se establecieron en el numeral 4.3.2. Su relevancia se plantea considerando el mejor puntaje general del test 1 y 2, el más bajo de los resultados también para ambos test, la mayor ganancia de Hake, la menor y las que dieron resultado negativo. Las respuestas se tomaron directamente del Moodle y/o datos escritos de la entrevista, sin alterar su redacción, ortografía y demás elementos que constituyen integralmente un insumo de análisis.

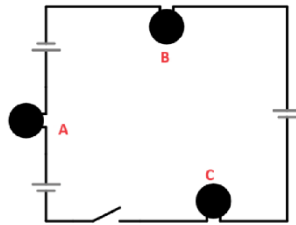
Aunque los resultados de los estudiantes se mostrarán sólo para aquellos considerados relevantes. El análisis en cambio aplica para todos los estudiantes, aun cuando no se presenten en el informe los resultados. Otros resultados relevantes, que no cumplen con los criterios establecidos para presentarlos, se mostrarán por la importancia de la evidencia.

Los resultados se presentan inicialmente con una muestra de las respuestas de un estudiante a la entrevista inicial. Posteriormente los resultados de ese mismo estudiante al

someter los controles de lectura al libro de códigos y finalizan con el análisis general. A continuación (**Tabla 5-36**) se tabulan las preguntas formuladas durante la entrevista. Posteriormente, se presentan algunas de las respuestas llamativas para aproximarse al estado conceptual inicial. Se finaliza con la presentación del seguimiento mediante los controles de lectura.

**Tabla 5-36.** Preguntas entrevista 1 y 3 de 2022-Población: grupo experimental.

<b>Preguntas entrevista inicial.</b>
1) Explique con sus palabras ¿qué es un corto circuito y qué sucede con la tensión y la corriente durante este evento?
2) Se tiene un conductor cilíndrico con resistencia $R$ , longitud $L$ y diámetro $D$ . Se pide modificar el cable para que el valor de su resistencia sea $R/4$ . ¿qué tendría que hacerle al conductor?
3) ¿Puedo encontrar un arreglo circuital con 3 resistencias donde su resistencia equivalente sea menor a cualquiera de las 3? ¿Puedo encontrar un arreglo donde la resistencia equivalente sea mayor a la suma de las 3?
4) Si puede encontrar los arreglos del punto 3, trate de explicar ¿qué pasa con la energía consumida por cada arreglo al alimentarse con una batería? Compárelo con la energía que se consume si se conecta solo una resistencia a dicha batería
5) Dos bombillas conectadas en serie iluminan dos recintos. El primero con buena iluminación, pero el segundo con iluminación deficiente. ¿Qué puede decir de la corriente que pasa por el bombillo que tiene mala iluminación, respecto al que está bien iluminado? ¿por cuál bombillo circula más corriente?
6) En el siguiente circuito las 3 bombillas son de iguales características y las 3 baterías también son exactamente iguales ¿Cuál bombilla no prende? ¿Cuál bombilla prende con mayor intensidad? Justifique su respuesta



A continuación, se presenta el resultado de uno de los estudiantes con ganancia de Hake negativa. Este estudiante pertenecía al grupo 5 donde sus dos compañeros sólo presentaron el primer test. Los resultados de este grupo reflejan los problemas frecuentes de los otros 5 grupos.

**Tabla 5-37.** Ficha de resultados entrevista estudiante S1-4

Pregunta	Estudiante: S1-4	Factor de Hake: Negativo	Código
	Primer test: 15/30	Segundo test: 13/30	
1	Sucede cuando dos tensiones se conectan directamente, la tensión es 0 y la corriente máxima		CB2.1
2	Reducir su longitud, o su diametro o ambas		CMM2.4
3	Si se puede encontrar una equivalencia que su valor sea menor que cualquiera de sus elementos, por ejemplo, usando la formula para circuito paralelo de resistencias, pero no es posible encontrar un arreglo que su resistencia equivalente sea mayor a la suma de los 3		NA
4	La energía consumida es la misma para cualquiera de los casos		NA
5	La misma corriente circula por ambos bombillos, solo que en uno su potencia es menor.		NA
6	El bombillo B es el unico que enciende ya que A está teniendo en sus terminales una diferencia de potencial igual a cero, igualmente C		CB1.3
Observaciones: El estudiante en la primera pregunta demuestra tener conceptos previos sobre lo que es un corto circuito. No obstante, el concepto puede estar incompleto o ligeramente confundido, como se verifica cuando indica que la tensión es cero. Esto sugiere que está tratando de construir un concepto a partir de otros mal elaborados o incompletos. En la segunda pregunta, se puede ver como el estudiante reconoce la influencia de la geometría en el parámetro de la resistencia, sin embargo, no sabe con exactitud cuál es esa influencia. Finalmente, la pregunta 5 evidenciaría que reconoce lo que, en términos de conservación de la corriente, significa un circuito en serie, pero al contrastar con la pregunta 6, se puede verificar que no entiende el concepto realmente y que su análisis viola el principio de conservación de la carga. De igual manera, esta forma de análisis da cuenta de un estudiante que aplica un razonamiento local, ignora el circuito como un sistema y se concentra sólo en lo que sucede en cada componente de manera aislada.			

La **Tabla 5-38** presenta los temas o preguntas abiertas de los controles de lectura. Con esta información se hace un diagnóstico apoyado en los resultados del libro de códigos.

Allí se pueden ver los cambios en las dificultades que pueden evidenciar los estudiantes teniendo en cuenta los elementos cualitativos que se identifican.



**Tabla 5-38.** Temas de los controles de lectura-periodos 1 y 3 de 2022-Población: grupo experimental.

<b>Temas de los controles de lectura de 2022.</b>
<p><u>Control de lectura 1:</u> Con respecto al tema de cantidades físicas, unidades y el análisis y diseño de circuitos eléctricos ¿Qué no le quedó claro? o ¿Sobre qué le gustaría profundizar? Por favor, sea tan claro y específico como le sea posible.</p> <p><u>Control de lectura 1 A*:</u> Con respecto a la información de las lecturas y de los videos en esta pestaña, ¿Qué temas le han parecido confusos o difíciles de comprender? o ¿Sobre qué temas le gustaría profundizar? Por favor, sea tan específico como le sea posible.</p>
<p><u>Control de lectura 2:</u> Relacionado con el tema de Redes de un puerto y circuitos, ¿Qué conceptos considera que fueron difíciles o confusos de entender? o ¿Sobre qué conceptos le gustaría profundizar?</p>
<p><u>Control de lectura 3:</u> Relacionado con el tema "Elementos de circuito y aplicaciones" ¿Qué aspectos le parecieron confusos o difíciles de entender? o ¿Sobre qué aspectos le gustaría profundizar? Por favor sea tan específico como le sea posible.</p>
<p><u>Control de lectura 4:</u> Relacionado con el tema de aplicaciones de elementos de circuito, específicamente con el tema de amplificadores operacionales, ¿Qué conceptos considera que fueron difíciles o confusos de entender? o ¿Sobre qué conceptos le gustaría profundizar?</p>
<p><u>Control de lectura 5:</u> Relacionado con el tema de Técnicas para el análisis de circuitos, ¿Qué conceptos considera que fueron difíciles o confusos de entender? o ¿Sobre qué conceptos le gustaría profundizar?</p>
<p>*El control de lectura 1 A sólo se aplicó al semestre 3 de 2022</p>

A continuación, se presentan los resultados que sirven de muestra para sustentar algunas hipótesis, basado en los resultados cuantitativos de los índices y la ganancia de Hake. En las tablas de la **Tabla 5-39** a la **Tabla 5-41** se muestran las fichas de resultados para las respuestas dadas a las preguntas abiertas de los controles de lectura para tres estudiantes. Con esta información y considerando del control 1 al 5, se puede validar contrastando con el libro de códigos, los distintos problemas que elucidan los estudiantes de acuerdo a los elementos encontrados en sus escritos.

**Tabla 5-39.** Ficha de resultados control de lectura estudiante S1-4

Lectura	Estudiante: S1-4	Factor de Hake: Negativo	Código
	Primer test: 15/30	Segundo test: 13/30	
1	Basado en la lectura de Hayt-Kemmerly y sus subcapítulos correspondientes, fue algo confuso el uso de las integrales y la potencia disipada por el elemento como la potencia entregada al elemento, además de esto desconocía la existencia de la unidad de medida angstrom. Me gustaría que se profundizara más a fondo acerca de las fuentes de voltaje y corriente independientes y dependientes		CMM2.4
2	Fue difícil entender las leyes de Kirchhoff, tanto corriente como tensión eléctrica al momento de aplicarlo en los diagramas de circuitos, sería bueno profundizar en ellos, además de las fuentes dependientes e independientes de un circuito y los elementos pasivos y activos dentro de un circuito		CMM2.1, CMM2.3
3	conductancia, fuentes dependientes e independientes, transductores, interruptores, circuito abierto, corto circuito y su relación con los instrumentos de medida, la resistencia y la conductancia		CMM2.1, CMM2.2, CMM2.3
4	Los nodos inversores y no inversores, entender más a fondo el comportamiento de los amplificadores ideales y de por qué en algunos casos pueden ser lineales y en otros no; y las resistencias, corrientes y tensiones equivalentes		CMM2.1, CMM2.2, CMM2.3
5	fuentes dependientes con tensión de nodos y corrientes de mallas, supermallas y super nodos		CMM2.1, CMM2.2, CMM2.3
<p>Observaciones: En los controles de lectura el estudiante eventualmente presenta dificultades asociadas a la carga cognitiva en aumento y la comprensión de conceptos abstractos. Adicionalmente refleja una motivación intrínseca para aprender más sobre componentes de los circuitos. Al estudiante le podría ayudar un mayor desglose en la información adquirida como nueva y aumentar la estrategia de aprendizaje contextualizado. En suma, se puede evidenciar, una mayor confusión que se correlaciona con los resultados del factor de Hake.</p>			

Tabla 5-40. Ficha de resultados control de lectura estudiante S1-17

Lectura	Estudiante: S1-17	Factor de Hake: Negativo	Código
	Primer test: 24/30	Segundo test: 22/30	
1	Me gustaría profundizar en la relación entre distintas unidades y el porqué de esta relación, pues en el libro se muestra que ciertas unidades de pueden representar como V*s o V/A y me interesa saber el porqué		CMM2.3
2	La relación entre la energía y las leyes de kirchoff, si existe alguna.  Como estas leyes hablan de corrientes y tensiones pensé que al relacionarlas se podría obtener algo sobre las potencias o la energía en el circuito, aunque no se me ocurre cómo cruzar el análisis de lazos y nodos en uno solo o una razón contundente para descartar esta idea.		CMM2.3
3	Me confunde pensar en las fuentes dependientes ideales y cómo son sensibles a cambios de una variable del circuito que no necesariamente está "al alcance" de ese elemento, por esto mismo me gustaría profundizar en estas fuentes y la representación que permiten hacer de elementos como los transistores y los amplificadores		CMM2.3
4	La razón por la cual se necesita un voltaje positivo y otro negativo para su correcto funcionamiento y la razón por la que las corrientes de entrada iguales a cero se pueden "convertir" en una corriente de salida diferente de cero		CMM2.2, CMM2.3
5	Se puede usar cualquier nodo como la referencia? Por qué se puede asumir un voltaje de nodo cero en dicha referencia? Hay casos en los que ubicarlo donde está el negativo de la fuente haga más difíciles los cálculos (respecto a ubicar la referencia en otro nodo)? Por qué estos voltajes de nodos no se tienen en cuenta en las leyes de kirchoff?		CMM2.2, CMM2.3
<p>Observaciones: El estudiante refleja llegar al curso con una alta carga cognitiva (control 1 y 2) que requiere ser desglosada. De igual manera evidencia buscar un aprendizaje significativo que le confunde al no poder asociar lo que sabía antes con los conceptos nuevos que cree poseer. También se puede ver en el control 3 que busca aprendizaje contextualizado, pero no logra eventualmente hacer una buena transferencia del aprendizaje. Finalmente se observa que a pesar de la inclusión de nuevos conceptos que evidencian estar expuesto a más términos relacionados con circuitos, el estudiante no logró desglosar su carga cognitiva, contrario a eso aumentó y presuntamente le confundió más. Situación que se correlaciona con el resultado de la ganancia de Hake. A pesar del resultado, se puede inferir que hay una motivación intrínseca de la estudiante reflejada en su deseo de profundizar en varios conceptos.</p>			

**Tabla 5-41.** Ficha de resultados control de lectura estudiante S1-23

Lectura	Estudiante: S1-23	Factor de Hake: Rango alto	Código
	Primer test: 21/30	Segundo test: 29/30	
1	No hubo respuesta		
2	Resultó confuso el hecho de entender el funcionamiento del voltaje como el trabajo necesario para mover una carga y no me queda del todo claro el significado de voltaje. Me gustaría profundizar en este concepto de voltaje, su significado y la explicación de este valor en cada elemento del circuito, ya que no es muy claro como funciona esta variable en elementos pasivos y activos.		CB2.1
3	me pareció confuso entender el funcionamiento de las fuentes controladas en las que la tensión generada depende de la corriente que circule con la misma. Ya que, por ejemplo, estas fuentes no podrían funcionar como fuentes independientes capaces de suministrar energía al circuito por sí mismas sino que están condicionadas a necesitar de otra fuente independiente para poder funcionar		NA
4	Es claro como funciona este amplificador como una fuente controlada por una tensión externa, lo que es confuso es entender que esta es una fuente de tensión controlada ya que solo tiene un terminal de salida, lo que me hace pensar desde que puntos del circuito se puede medir tensión que suministra ese amplificador. Es claro que un punto es en la salida del Amp OP, pero es confuso entender cual es el otro punto, si es acaso en la terminal negativa de la tensión que lo controla? o es acaso siempre en la terminal no inversora? o en la inversora?		NA.
5	Es confuso entender el funcionamiento de las corrientes de malla, sobre todo como se plantean las corrientes de elementos que están en dos mallas al tiempo. No se entiende cual es la dirección que se debe tomar para plantear bien la ecuación		CMM2.3
Observaciones: El estudiante evidencia un problema inicial de comprensión conceptual que se asocia al codificado con el CB2.1. No obstante, destaca la importancia de entender profundamente el concepto para usarlo en aplicaciones con elementos pasivos y activos. Esta situación sugiere un aprendizaje orientado a objetivos. Adicionalmente el control 4 permite apreciar que, ante una duda, el estudiante estructura primero el punto de partida, declarando hasta donde tiene claro algún concepto y a partir de donde empieza la confusión. Finalmente se evidencia un problema en cuanto al modelo para resolver un circuito, situación que puede afianzarse con ejemplos concretos que ilustren la manera como se plantean las corrientes de una malla.			

De las tablas de resultados presentadas en este numeral, es posible inducir que los estudiantes llegan siempre con preconceptos sobre circuitos eléctricos. Que estos pueden influir negativamente en la medida que el estudiante busca reconciliar una mala idea previa con las ideas nuevas presentadas en el curso. Que su eventual frustración al no lograr ese aprendizaje significativo genera mayores confusiones en la medida que avanza el curso.

La retroalimentación específica para contrarrestar esos preconceptos o ideas construidas de forma incompleta, puede ser fundamental para superar estos problemas. Las justificaciones cualitativas de problemas numéricos o la explicación de eventos cotidianos del sector electrotécnico bajo la óptica del estudiante, pueden contribuir a una formación contextualizada, donde se exponga al estudiante a conciliar la teoría con la realidad.



## 6. Conclusiones, discusión y trabajos futuros

Este capítulo presenta las conclusiones que permiten responder a las preguntas de investigación y dar cumplimiento a los objetivos. De igual manera, busca plantear la discusión en torno a los distintos enfoques que puede tener el resultado de esta investigación cuasiexperimental, con un componente cualitativo. Adicionalmente, recomienda los trabajos necesarios para profundizar en aspectos que este proyecto no pudo profundizar, dado su alcance.

### 6.1. General

Comparado con el método tradicional, la intervención pedagógica realizada al grupo experimental y que está encaminada en el aprendizaje activo de los conceptos de circuitos, con un enfoque microscópico y macroscópico, ha demostrado ser significativamente más efectiva para mejorar la comprensión de los conceptos básicos. Esto especialmente en áreas críticas como la conservación de la carga, el concepto de tensión y la aplicación del concepto de energía y potencia a diversos circuitos. Los resultados cuantitativos obtenidos del inventario de conceptos y revisados desde los distintos enfoques de esta tesis, revelan mejoras notables en la comprensión de los principios básicos.

Los problemas preponderantes en su orden y donde se identifican desafíos persistentes son los siguientes:

- 1) Comprender y aplicar la conservación de la carga en estado estacionario a una variedad de circuitos, así como explicar los aspectos microscópicos de la corriente en un circuito mediante el uso de términos electrostáticos.
- 2) El concepto de tensión, al aplicarlo en una variedad de circuitos sabiendo que la diferencia de potencial en serie se suma y en paralelo permanece igual. Asimismo, aplicar el conocimiento de que la magnitud de la corriente en un circuito depende

de la diferencia de potencial sostenida por la batería y la resistencia de carga del circuito.

- 3) Aplicar el concepto de potencia (trabajo realizado por unidad de tiempo) a una variedad de circuitos.
- 4) Aplicar el concepto de conservación de la energía.

Estos hallazgos sugieren la necesidad de una revisión continua de las estrategias de enseñanza para abordar de manera más efectiva las confusiones que persisten entre los estudiantes.

## **6.2. Específicas**

A continuación, se presentan las conclusiones específicas del estudio.

### **6.2.1. Instrumento para identificar y cuantificar los problemas**

El instrumento elegido para identificar los problemas y que más se ajusta a las necesidades de este y otros estudios semejantes, es el inventario de conceptos DIRECT (por sus siglas en inglés), así lo elucida el estudio realizado en [10]. Los resultados del inventario, permitieron medir los estados conceptuales mediante índices de dificultad, medir los avances en el aprendizaje a través de factores de ganancia. También permitió establecer el estado conceptual inicial de los estudiantes antes de empezar el curso de circuitos eléctricos I. De igual manera, se creó para este proyecto un libro de códigos elaborado de manera iterativa y que ofreció otra perspectiva a la forma de ver y entender el proceso de aprendizaje estudiantil.

Con estos dos instrumentos se pudieron sustentar las respuestas a las preguntas que suscitaron esta investigación. No obstante, se debe precisar que los resultados están altamente influenciados por el contexto demográfico, social, étnico, cultural y pedagógico de los estudiantes del periodo evaluado y del director y estudiante del proyecto. Estos resultados podrían ser distintos en la medida que los contextos cambien de manera parcial o total, para la misma prueba.



### **6.2.2. Efectos de la intervención pedagógica**

A la luz del resultado del inventario de conceptos se destaca que el enfoque pedagógico, en comparación con el del grupo de control, mejoró los resultados que evaluaban el análisis de problemas relacionados con corriente, tensión y energía. Lo anterior al abordar los conceptos a nivel microscópicos y macroscópicos. Sobre estos resultados se sugiere presentar de manera concisa el proceso seguido mediante la intervención pedagógica para eventualmente implementarlo en otros cursos.

En cuanto al seguimiento mediante el libro de códigos elaborado para este estudio, se puede establecer una eventual correlación entre la forma de expresar textualmente un concepto y los resultados medidos del aprendizaje. Los alumnos con mejores formas de redactar incluso sus dudas, tienen mejores promedios en los resultados numéricos de los test. Esta correlación requiere un análisis más profundo del resultado cualitativo del libro de códigos, el cual se sale del alcance del presente documento.

Finalmente, y de acuerdo al seguimiento cualitativo del grupo experimental, se puede sugerir que los estudiantes al abordar los conceptos a nivel microscópico y macroscópico, generan mejores puentes entre los nuevos conocimientos y los conocimientos previos (adquirido en otras asignaturas). Así como también generan dudas que son transversales a las asignaturas relacionadas con los conceptos fundamentales. Situación que favorece un aprendizaje significativo y que fomenta la motivación intrínseca, como se evidencia en las constantes formulaciones de dudas que buscaban saber más de varios conceptos adicionales a los que se presentaban en los tópicos de la asignatura (ejemplo control de lectura 1A, estudiante S2-4: “Existe alguna relación entre las líneas equipotenciales y la tensión”)

### **6.3. Discusión y trabajos futuros**

Los conceptos fundamentales a nivel microscópico también se abordan en otras asignaturas como campos electromagnéticos o física electromagnética. Se propone que la transversalidad explícita de los tópicos que sustentan conceptos en una u otra materia, probablemente mejora el aprendizaje de los temas de circuitos eléctricos. No obstante,

esta ventaja comparativa no permitió reducir los porcentajes en cuanto al nivel de dificultad de los reactivos se refiere, para un test como DIRECT.

Uno de los efectos medibles más llamativos dentro del análisis, sobrevino con el factor de Hake y su resultado negativo para algunos reactivos. Si bien, las franjas que permiten clasificar la ganancia estiman como “rango bajo” a todos los resultados menores o iguales a 0.3 ( $\leq 0.3$ ), no es posible decir que una ganancia de Hake de 0.2 está en el mismo rango que una ganancia de -0.4, a pesar de cumplir con la premisa que clasifica al rango. Esta situación nos lleva a plantear que el estudiante, después de haber aprendido algunos conceptos técnicos que le darían herramientas para responder algunos reactivos, terminó teniendo mayor confusión.

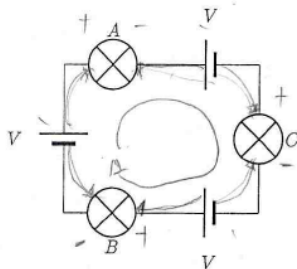
Para ilustrar la manera como este resultado eventualmente guarda correlación con una mayor confusión, se tomó el análisis cualitativo realizado con el sometimiento al libro de códigos de los controles de lectura. Allí se pudo constatar que los estudiantes con ganancia de Hake negativa, expresan las dudas y confusiones desde el inicio y van en aumento en la medida que los conceptos se amplían. Esta situación podría solucionarse probablemente si la carga cognitiva se fragmenta para el estudiante que evidencia este percance.

Esta situación puede sugerir, como en otros estudios, que el aprendizaje teórico de conceptos eléctricos no necesariamente lleva a poder resolver problemas conceptuales. Como se pudo ver en el libro de códigos, conceptos como el de tensión no siempre se comprenden mejor cuando se va ampliando el alcance. Es necesario entonces que los problemas conceptuales se ataquen desde el inicio, porque de acuerdo al resultado los problemas en conceptos básicos, influyen durante todo el proceso y además eventualmente aumentan la confusión.

En los test y en la entrevista, se puede ver que algunos estudiantes llegan a respuestas correctas con análisis completamente equivocados (Ver ejemplo 1). De la misma forma, llegan a respuestas incorrectas después de haber hecho un buen análisis técnico, numérico y cualitativo (Ver ejemplo 2).

Ejemplo 1: el estudiante al problema descrito da una respuesta correcta “los bombillos brillan igual”. Sin embargo, tal respuesta, aunque verdadera, se argumenta con razones que no son verdaderas y que serían señales de un razonamiento local de los circuitos.

Complete la prueba descrita a continuación.



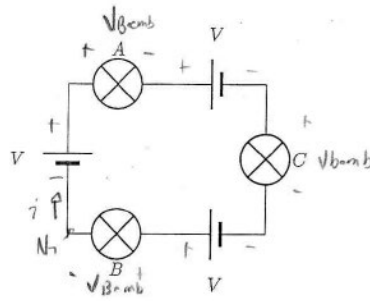
Suponiendo que todas las fuentes de tensión son iguales y que todas las bombillas son iguales, responda las siguientes preguntas:

¿Cuál o cuáles de las bombillas brillan en este circuito?

¿Cuál es su razonamiento para hacer la afirmación que hace (el porque)?

*R/ piensa que las bombillas brillan igual  
ya que cada una está conectada entre  
fuentes de tensión*

Ejemplo 2: El estudiante con código para esta investigación S2-7, da a entender que el circuito no permite el encendido de las bombillas, pero al revisar su análisis matemático, se puede verificar que hizo un uso correcto de las fórmulas.



Suponiendo que todas las fuentes de tensión son iguales y que todas las bombillas son iguales, responde las siguientes preguntas:

¿Cuál o cuáles de las bombillas brillan en este circuito?

¿Cuál es su razonamiento para hacer la afirmación que hace (el porque)?

Creo que ninguna bombilla debería encender, pues en cada una debe haber una caída de potencial y de acuerdo a la forma que están conectadas las fuentes, el circuito está exigiendo una tensión mayor a la que las fuentes pueden proveer.

$$N_1: \quad V - V_{\text{bomb}} - V - V_{\text{bomb}} + V - V_{\text{bomb}} = 0$$

$$V - 3V_{\text{bomb}} = 0$$

$$V_{\text{bomb}} = V/3$$

A la luz de este estudio, vale la pena revisar los objetivos que se trazan en una asignatura como la de circuitos, no basta con aplicar las técnicas de solución y análisis de circuitos para calcular sus parámetros. Se requiere buscar mecanismos para aproximarse a la forma como entienden tales técnicas durante el aprendizaje. Surge la necesidad de abordar la evaluación, como una herramienta que propenda por una valoración integral y significativa, contribuyendo no solo a medir el conocimiento adquirido, sino también a mejorar continuamente el proceso de enseñanza-aprendizaje en sí mismo. Con estas consideraciones, se puede eventualmente ver la evaluación de un estudiante también como la evaluación del modelo pedagógico que se está usando y no simplemente como el resultado numérico de los logros individuales de los alumnos.

Dentro de la aplicabilidad que podría darse al libro de códigos **Tabla 4-4**, es el uso como parte de una estrategia de evaluación integral. Al identificar en una evaluación elementos codificados allí, se sugiere llevar a cabo una retroalimentación centrada en fomentar la expresión cualitativa (o textual) del concepto asociado a sus dificultades. En otras palabras, se propone que, a través de la redacción de un breve párrafo o la realización de una entrevista, el alumno articule su comprensión sobre dicho concepto, explicando la lógica

detrás del uso de un algoritmo, fórmula o la elección de un gráfico para abordar un problema específico. Con este enfoque se podría un tutor aproximar con más herramientas al nivel de certeza conceptual del estudiante. Ya que proporciona una forma de ver su proceso de comprensión y facilita eventualmente la identificación de áreas específicas que requieran atención.

Otro aspecto discutible dentro de los resultados cualitativos, especialmente en las preguntas del control de lectura, es la frecuencia con la que los estudiantes buscan una coherencia entre la realidad y la teoría de algunos conceptos físicos. Esta situación se evidencia en el capítulo de resultados cuando los estudiantes manifiestan confusiones al comprender hechos ideales que no pueden visibilizar en la práctica. Esto muestra que uno de los problemas que afecta a la comunidad estudiada tiene que ver con la necesidad de ver contextualizado lo que aprenden teóricamente.

Se recomienda ampliar este estudio aplicando el inventario de conceptos al inicio de cada curso, así como al final del primer corte. Con más estudiantes, es posible mejorar los análisis y proponer alternativas que se ajusten a las nuevas tendencias de aprendizaje. De igual manera, se podría formular estudios comparativos que midan la evolución de los índices en los distintos periodos académicos para buscar posibles tendencias.

Con las bases de datos que se generaron a nivel cualitativo en este proyecto, puede tenerse el insumo base para investigar las metodologías de estudio y aprendizaje de los estudiantes. Revisar cuales son preponderantes y de qué manera el entendimiento de estas puede cambiar la forma de presentar los temas de las asignaturas.

## **6.4. Limitaciones**

Este estudio presenta limitantes que van desde la falta de respuesta del grupo de control del periodo I de 2022 y las respuestas a destiempo, hasta limitantes de la metodología para recolectar la información. Como lo enuncian varios estudios similares [2], a partir del resultado de una prueba, en este caso un inventario de conceptos, no se puede dar una explicación completa sobre lo que puede saber un estudiante. Aunque se tiene el análisis

cualitativo de respaldo del grupo experimental, se carecía de alternativas que le permitieran realizar el seguimiento cualitativo al grupo de control. Esta limitante sirve para incentivar la investigación pedagógica entorno a los mecanismos para hacer seguimiento cualitativo del aprendizaje de circuitos I.

Otra limitante destacable tiene que ver con el tipo de instrucción impartida a los estudiantes del grupo de control. Los cuales recibieron el curso de profesores diferentes que pudieran tener metodologías de enseñanza distintas. Aún cuando los resultados numéricos evidencian estas variabilidades, es necesario declarar la limitante como factor en la interpretación de los datos obtenidos en este estudio.

Aunque los resultados de la ganancia de aprendizaje evidencian que el grupo experimental de ambos periodos alcanzó numéricamente el mismo valor promedio. Y que finalmente esto indicaría la misma ganancia de conocimiento, es posible que a la luz de los resultados de la intervención pedagógica del semestre I de 2023 se hayan refinado los mecanismos de la intervención pedagógica para mejorar la misma en el semestre III de 2023.

---

**A. Anexo: Inventario de conceptos  
DIRECT**

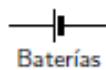
## Determinación e interpretación de Circuitos Eléctricos Resistivos Prueba de Conceptos

### Instrucciones

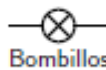
Espere hasta que se le de la orden de iniciar. Responda las preguntas y recuerde que sólo hay una respuesta correcta para cada ítem. Marque su respuesta sólo en la hoja de respuestas, NO marque el cuadernillo. Se puede usar calculadora y hojas de cálculo si así lo requiere. Usted cuenta con aproximadamente una hora para completar el test.

### Comentarios adicionales acerca del test

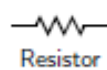
Los bombillos, resistores y baterías deben ser consideradas idénticas a menos que se diga algo contrario. La batería debe ser asumida como ideal, lo cual significa que se puede despreciar su resistencia interna. Adicionalmente, asuma que los cables no tienen resistencia. A continuación se muestran los símbolos claves que son usados en este test. Fijese cuidadosamente en estos antes de empezar el test.



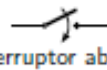
Baterías



Bombillos



Resistor



Interruptor abierto



Interruptor cerrado



Baterías



Bombillos



Bombillos en un socket

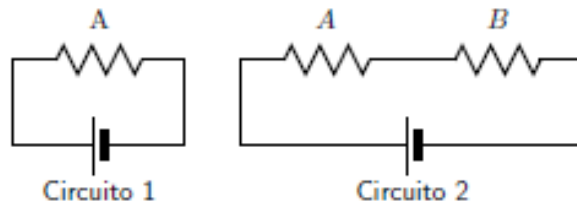


1. La emisión de luz en un bombillo, ¿Es debido al uso de las cargas eléctricas que circulan a través de él?

- Sí, las cargas moviéndose a través del filamento producen fricción la cual calienta el filamento y produce luz.
- Sí, las cargas son emitidas.
- No, la carga se conserva. Simplemente se convierte en otra forma de energía como calor y luz.
- No, la carga se conserva. Las cargas moviéndose a través del filamento producen fricción la cual calienta el filamento y produce luz.

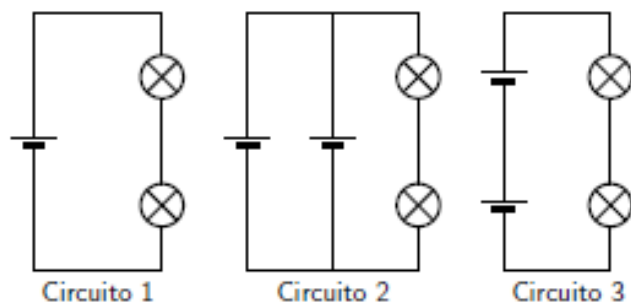
2. ¿De qué manera cambia la potencia entregada al resistor A cuando el resistor B se adiciona al circuito, como se muestra en los circuitos 1 y 2 respectivamente?

- Aumenta
- Disminuye
- Se mantiene igual

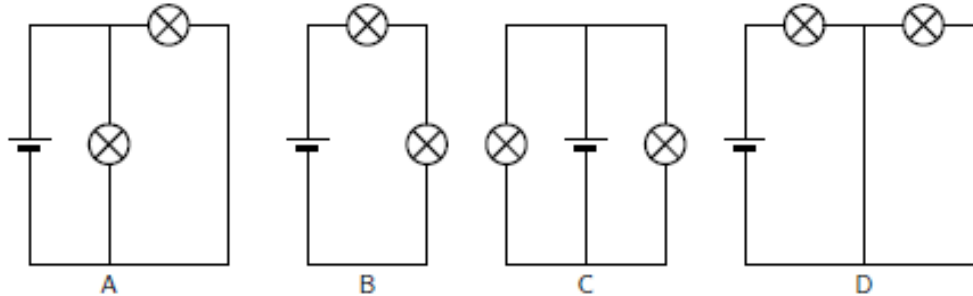


3. Considere los siguientes circuitos. ¿Cuál de estos circuitos entrega la mayor cantidad de energía por segundo?

- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 1 = Circuito 2
- Circuito 2 = Circuito 3



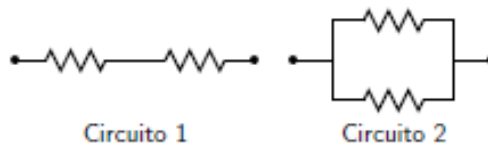
4. Considere los siguientes circuitos



¿Cuál(es) circuito(s) representa(n) un circuito que consiste de dos bombillos en paralelo con una batería?

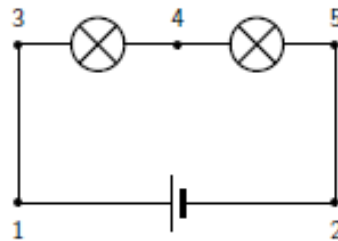
- a) A
  - b) B
  - c) C
  - d) A y C
  - e) A, C y D
5. Compare la resistencia entre los extremos del circuito 1 con la del circuito 2. ¿Cuál tiene la menor resistencia?

- a) Circuito 1
- b) Circuito 2
- c) Ninguna, tienen la misma resistencia



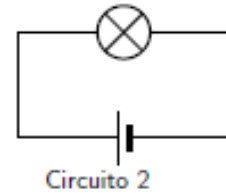
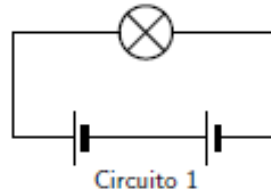
6. Ordene de la más alta a la más baja, las diferencias de potencial entre los siguientes pares de puntos (1 y 2), (3 y 4), y (4 y 5) en el circuito que se muestra a continuación.

- a) (1 y 2); (3 y 4); (4 y 5)
- b) (1 y 2); (4 y 5); (3 y 4)
- c) (3 y 4); (4 y 5); (1 y 2)
- d) (3 y 4) = (4 y 5); (1 y 2)
- e) (1 y 2); (3 y 4) = (4 y 5)



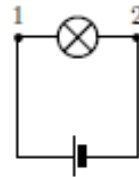
7. Compare el brillo del bombillo del circuito 1 con el del circuito 2. ¿Cuál bombillo brilla más?

- a) Bombillo en el circuito 1
- b) Bombillo en el circuito 2
- c) Ninguno, brillan igual



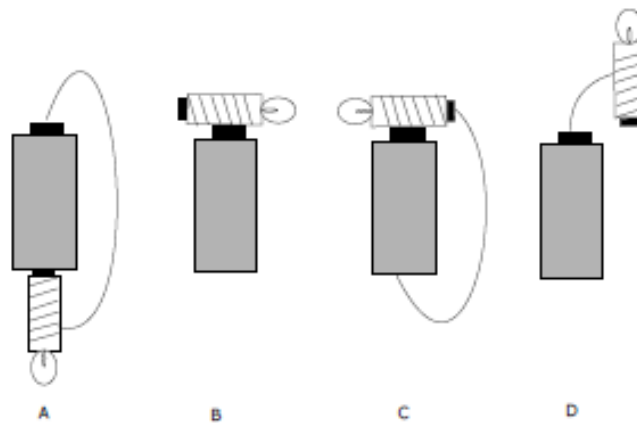
8. Compare la corriente en el punto 1 con la corriente en el punto 2. ¿Cuál punto tiene la corriente más grande?

- a) Punto 1
- b) Punto 2
- c) Ninguna, las corrientes son las mismas



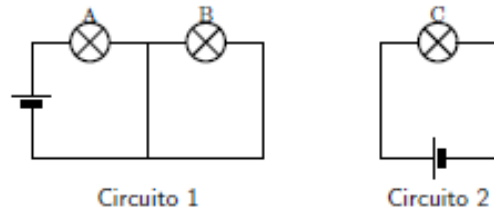
9. ¿Cuál(es) circuitos hará(n) brillar el bombillo?

- a) A
- b) C
- c) D
- d) A y C
- e) B y D



10. Compare los brillos de los bombillos A y B en el circuito 1 con el brillo del bombillo C en el circuito 2. ¿Cuál bombillo o bombillos son los que más brillan?

- a) A
- b) B
- c) C
- d) A = B
- e) A = C

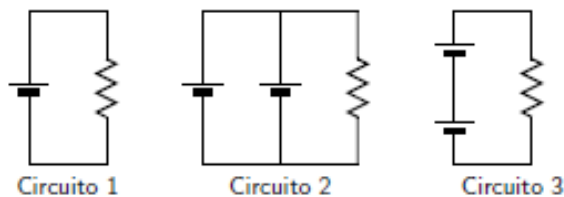


11. ¿Porqué cuando usted acciona el interruptor de su habitación la luz aparece casi instantáneamente?

- a) Las cargas están ya en el cable. Cuando el circuito se completa, hay una rápida organización de cargas superficiales en el circuito.
- b) Las cargas almacenan energía. Cuando el circuito se completa, la energía se libera.
- c) Las cargas en el cable viajan muy rápido
- d) Los circuitos en casa están cableados en paralelo. De esta forma es posible encontrar una corriente fluyendo en cualquier momento.

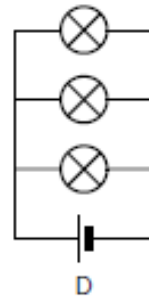
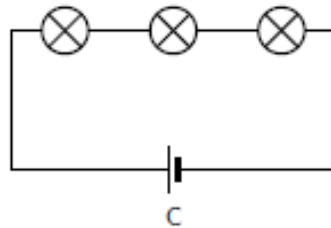
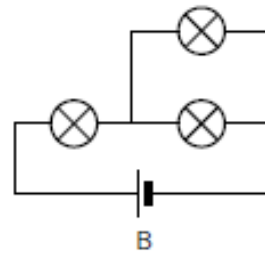
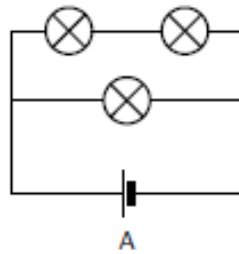
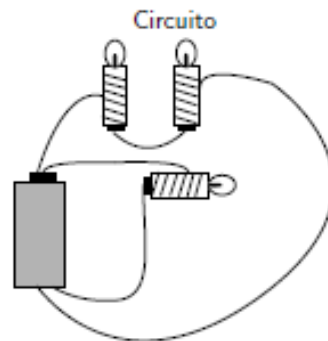
12. Considere la potencia entregada a cada uno de los resistores mostrados en los siguientes circuitos. ¿En cuál(es) circuito(s) recibe el resistor la menor potencia?

- a) Circuito 1
- b) Circuito 2
- c) Circuito 1 = Circuito 2
- d) Circuito 1 = Circuito 3



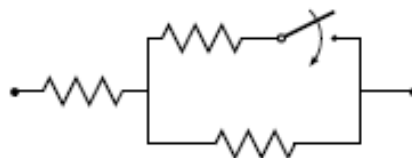
13. ¿Cuál diagrama esquemático representa mejor al circuito ilustrado?

- a) A
- b) B
- c) C
- 0 d) D
- e) Ninguno



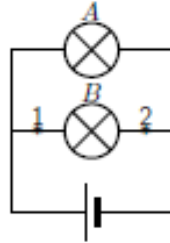
14. ¿Cómo cambia la resistencia entre los dos extremos cuando se cierra el interruptor?

- a) Aumenta
- b) Disminuye
- c) Permanece Igual
- 0



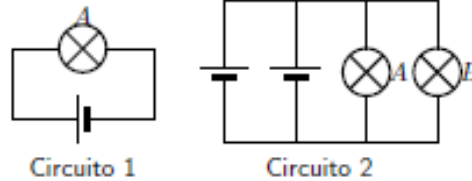
15. ¿Qué le pasa a la diferencia de potencial entre los puntos 1 y 2 cuando el bombillo A se retira del circuito?

- a) Aumenta  
 b) Disminuye  
 c) Permanece Igual  
 d) 0



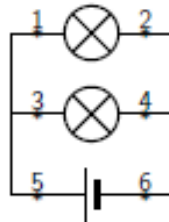
16. Compare el brillo del bombillo A en el circuito 1 con el brillo del bombillo A en el circuito 2.  
 2. ¿Cuál bombillo brilla menos?

- a) El bombillo A en el circuito 1  
 b) El bombillo A en el circuito 2  
 c) Ambos brillan igual



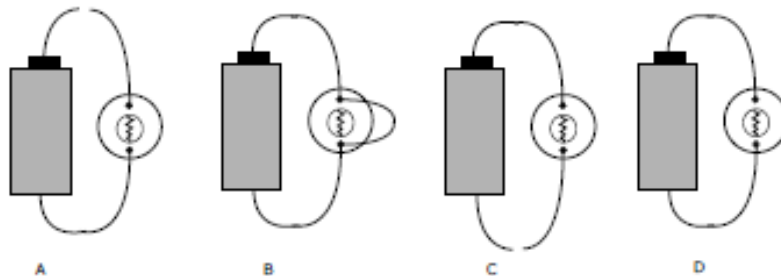
17. Ordene de mayor a menor las corrientes en los puntos 1, 2, 3, 4, 5, y 6

- a) 5, 1, 3, 2, 4, 6  
 b) 5, 3, 1, 4, 2, 6  
 c) 5=6, 3=4, 1=2  
 d) 5=6, 1=2=3=4  
 e) 1=2=3=4=5=6



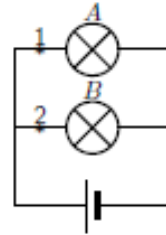
18. Cuál(es) circuito(s) hará(n) que el bombillo alumbre?

- a) A  
 b) B  
 c) D  
 d) B y D  
 e) A y C



19. ¿Qué le pasa al brillo de los bombillos A y B cuando se conecta un cable entre los puntos 1 y 2?

- a) Aumenta
- b) Disminuye
- c) Permanece igual
- d) El bombillo A brilla más que el bombillo B
- e) Ninguno de los bombillos alumbrará



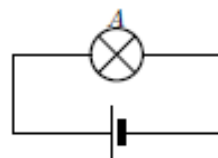
20. Dentro de un bombillo, en su filamento de tungsteno, ¿el campo eléctrico es igual a cero o diferente de cero?

- a) Cero porque el filamento es un conductor
- b) Cero porque hay una corriente fluyendo
- c) Diferente de cero porque el circuito está completo y hay una corriente fluyendo
- d) Diferente de cero porque hay cargas en la superficie del filamento

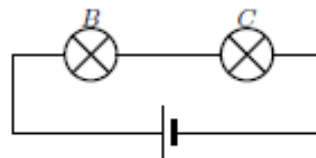
21. Compare la energía entregada por segundo al bombillo en el circuito 1 con la energía entregada por segundo a los bombillos en el circuito 2.

¿Cuál bombillo o cuáles bombillos reciben o consumen la menor cantidad de energía por segundo?

- a) A
- b) B
- c) C
- d) B=C
- e) A=B=C



Circuito 1

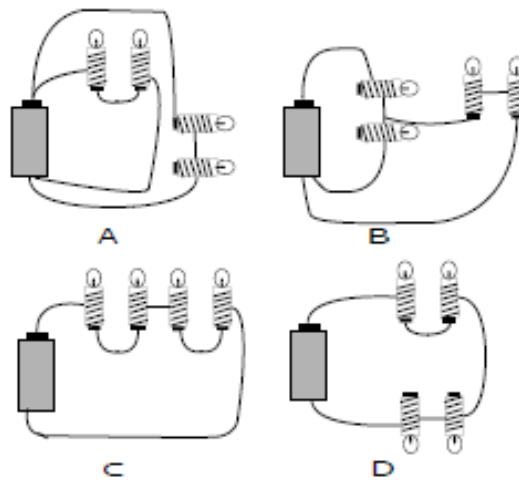
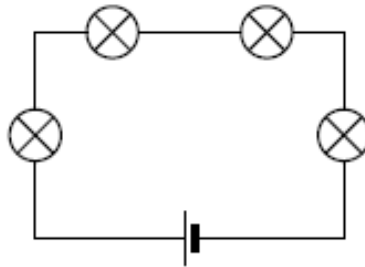


Circuito 2

22. De los circuitos ilustrados, ¿cuál(es) está(n) representado(s) por el diagrama esquemático?

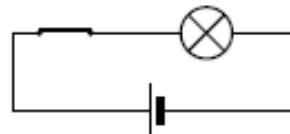
- a) B
- b) C
- c) D
- d) A y B
- e) C y D

Diagrama Esquemático



23. Inmediatamente después de abrir el interruptor, ¿qué le pasa a la resistencia del bombillo?

- a) La resistencia aumenta
- b) La resistencia disminuye
- c) La resistencia permanece igual
- d) La resistencia se vuelve igual a cero



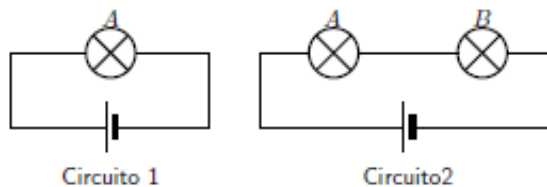


24. Si se duplica la corriente a través de una batería, ¿se duplica la diferencia de potencial en la batería?

- Sí, porque la ley de Ohm dice que  $V=IR$ .
- Sí, porque a medida que se incrementa la resistencia, se incrementa la diferencia de potencial.
- No, porque si se duplica la corriente, se reduce la diferencia de potencial a la mitad.
- No, porque la diferencia de potencial es una propiedad de la batería.
- No, porque la diferencia de potencial es una propiedad de todos los elementos en el circuito

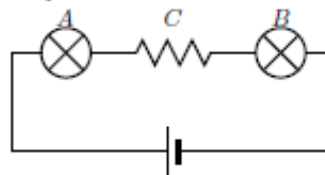
25. Compare el brillo del bombillo A en el circuito 1 y el brillo del bombillo A en el circuito 2. ¿Cuál bombillo brilla más?

- El bombillo A en el Circuito 1
- El bombillo A en el Circuito 2
- Ambos brillan igual

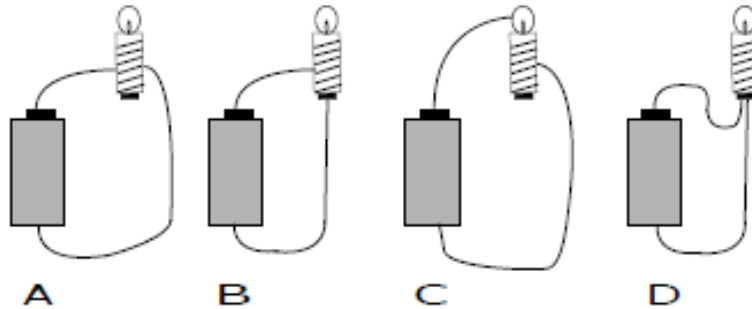


26. Si se incrementa la resistencia C, ¿qué la pasa al brillo de los bombillos A y B?

- A permanece igual, B se atenúa
- A se atenúa, B permanece igual
- A y B brillan más
- A y B brillan menos
- A y B permanecen igual



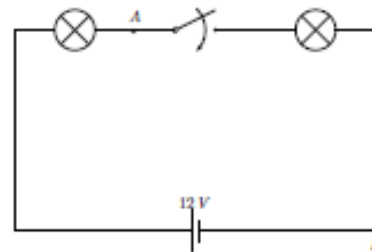
27. ¿Tendrán el mismo brillo todos los bombillos?



- Sí, porque todos tienen el mismo tipo de cableado.
- No, porque sólo B alumbrará. Las conexiones en A, C, y D son incorrectas.
- No, porque sólo D alumbrará. El circuito D es el único circuito completo
- No, C no alumbrará pero A, B, y D si lo harán.

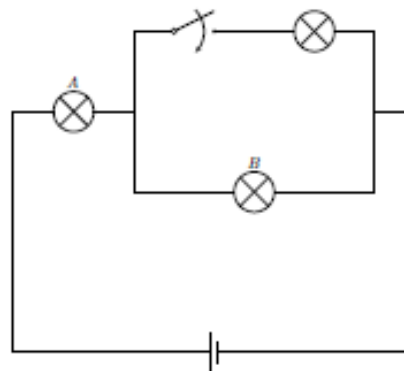
28. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos A y B, con el interruptor abierto?

- 0 V
- 3 V
- 6 V
- 12 V



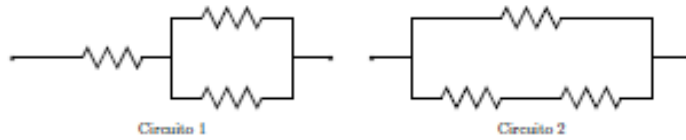
29. ¿Qué sucede con el brillo de los bombillos A y B cuando el interruptor se cierra?

- A permanece igual, B se atenúa
- A brilla más, B se atenúa
- A y B se incrementan
- A y B disminuyen
- A y B permanecen iguales



30. Compare la resistencia entre los extremos del circuito 1 con la del circuito 2. ¿Cuál tiene la menor resistencia?

- a) Circuito 1
- b) Circuito 2
- c) Ninguna, tienen la misma resistencia





---

## Bibliografía

- [1] P. H. Hirst, "Educational theory and its foundation disciplines," in *Educational Theory and Its Foundation Disciplines*, vol. 142, 2012, pp. 1–145.
- [2] M. Aydeniz, "Measuring the impact of electric circuits kitBook on elementary school children's understanding of simple electric circuits," *Electron. J. Sci. Educ.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–29, 2010, [Online]. Available: <http://ejse.southwestern.edu/article/download/7304/5622>.
- [3] A. K. Carstensen and J. Bernhard, "Critical aspects for learning in an electric circuit theory course - An example of applying learning theory and design-based educational research in developing engineering education," *Proc. Inaug. Int. Conf. Res. Eng. Educ. ICREE*, 2007.
- [4] P. C. Gallardo, "Epistemología de las impedancias complejas en ingeniería," *Innovación Educ.*, vol. 12, no. 58, pp. 35–54, 2012.
- [5] E. Campos, S. Tecpan, and G. Zavala, "Argumentation in the teaching of electrical circuits by applying active learning," *Rev. Bras. Ensino Fis.*, vol. 43, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0463.
- [6] A. Al Weshah, R. Alamad, and D. May, *Work-in-Progress: Using Augmented Reality Mobile App to Improve Student's Skills in Using Breadboard in an Introduction to Electrical Engineering Course*, vol. 1231 AISC, no. January. Springer International Publishing, 2021.
- [7] A. Leniz, K. Zuza, and J. Guisasola, "Students' reasoning when tackling electric field and potential in explanation of dc resistive circuits," *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–12, 2017, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010128.
- [8] J. Bernhard, A. K. Carstensen, and M. Holmberg, "Understanding phase as a key concept in physics and electrical engineering," *41st SEFI Conf.*, 2013.
- [9] E. Campos, G. Zavala, K. Zuza, and J. Guisasola, "Electric field lines: The implications of students' interpretation on their understanding of the concept of electric field and of the superposition principle," *Am. J. Phys.*, vol. 87, no. 8, pp. 660–667, 2019, doi: 10.1119/1.5100588.
- [10] D. Sangam and B. Jesiek, "Circuits concept inventories: A comparative analysis," *ASEE Annu. Conf. Expo. Conf. Proc.*, 2010, doi: 10.18260/1-2--16184.
- [11] J. A. Pérez Gil, "Tema I: Modelos de Medición: Desarrollos actuales, supuestos,

ventajas e inconvenientes.” *Desarro. actuales la medición Apl. en evaluación psicológica.*, pp. 1–31, 2004.

- [12] J. Baladrón, J. Curbelo, F. Sánchez-Lasheras, J. M. Romeo-Ladrero, T. Villacampa, and A. Fernández-Somoano, “El examen al examen MIR 2015. Aproximación a la validez estructural a través de la teoría clásica de los tests,” *Rev. la Fund. Educ. Médica*, vol. 19, no. 4, p. 217, 2016, doi: 10.33588/fem.194.850.
- [13] L. L. Hurtado Mondoñedo, “Relación entre los índices de dificultad y discriminación,” *Rev. Digit. Investig. en Docencia Univ.*, vol. 12, pp. 273–300, 2018, doi: 10.19083/ridu.12.614.