

UNIVERSIDAD DE BURGOS
PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Departamento de Didácticas Específicas



**APRENDIZAJE ACTIVO Y SIGNIFICATIVO PARA
CIRCUITOS ELÉCTRICOS MEDIANTE
SIMULACIONES COMPUTACIONALES PHET EN
ESTUDIANTES DE NIVEL MEDIO SUPERIOR**

TESIS DOCTORAL

CÉSAR EDUARDO MORA LEY

Burgos, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE BURGOS

PROGRAMA DE DOCTORADO EN EDUCACIÓN

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Departamento de Didácticas Específicas



Universidad de Burgos

**APRENDIZAJE ACTIVO Y SIGNIFICATIVO PARA
CIRCUITOS ELÉCTRICOS MEDIANTE
SIMULACIONES COMPUTACIONALES PHET EN
ESTUDIANTES DE NIVEL MEDIO SUPERIOR**

CÉSAR EDUARDO MORA LEY

Tesis Doctoral realizada por **D. César Eduardo Mora Ley**, para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la dirección del **Dr. Marco Antonio Moreira** y la codirección del **Dr. Jesús Ángel Meneses Villagra**
Burgos, noviembre de 2022

DEDICATORIA

Dedico esta tesis como un homenaje:

A mi madre que partió de esta vida al inicio de este estudio doctoral.

A mi esposa Nelly y a mi hija Nataly que me acompañaron y apoyaron todo el tiempo

AGRADECIMIENTOS:

Primeramente, a Dios por la vida y la oportunidad de concluir este proyecto doctoral.

A mis directores de tesis, a los doctores Marco Antonio Moreira y a Jesús Ángel Meneses Villagr a por su paciente guía y consejos.

A la Facultad de Educación de Universidad de Burgos

A mi compañero Rub n Sánchez Sánchez por su gran amistad, ayuda y apoyo.

A los estudiantes y maestros del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 del Instituto Politécnico Nacional

RESUMEN

En este trabajo investigamos cómo diseñar, implementar y evaluar una estrategia de enseñanza para enseñar la ley de Ohm y circuitos eléctricos en serie y paralelo, para estudiantes de educación media superior, utilizando las metodologías de Aprendizaje Activo (AA) y de Aprendizaje Significativo (AS), esto es, las Clases Demostrativas Interactivas (CDI) y las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS). En la actualidad el Aprendizaje Activo de la Física es uno de los modelos educativos más exitosos para la enseñanza de la Física en todos los niveles educativos. Sus orígenes se remontan a los años 80's del siglo XX. Ha tenido una evolución muy interesante que se ha adaptado a los avances de la ciencia y la tecnología, desde materiales de bajo costo hasta el uso de computadoras para la realización de experimentos en tiempo real. Las metodologías "activas" forman parte el movimiento educativo norteamericano "*Hands on mind on*". De la misma forma el Aprendizaje Significativo en general, es otra de las mejores estrategias educativas de los últimos 50 años. La presente tesis se enfoca en las Clases Demostrativas Interactivas (CDI), las cuales se basan en el ciclo cognitivo de Predecir, Observar, Discutir y Sintetizar (PODS). De la misma forma el Aprendizaje Significativo en general, es otra de las mejores estrategias educativas en la actualidad. Hemos realizado una fusión de ambas propuestas y los resultados obtenidos son alentadores. Nuestra propuesta educativa se estructuró en la forma de CDI se realizan en un promedio de una vez por semana en alternancia con las clases tradicionales, utilizando simulaciones computacionales PhET. Nuestra población de estudio fueron estudiantes del nivel medio superior del Instituto Politécnico Nacional. Calculamos el factor de ganancia del aprendizaje de Hake, el factor de concentración de Bao-Redish, y para un estudio más detallado utilizamos el análisis de Rasch, también utilizamos un breve análisis de t de student y un cuestionario de diferencial semántico. Los resultados obtenidos son muy alentadores en cuanto al uso del AA, el AS, las CDI, las UEPS y las simulaciones PhET.

ABSTRACT

In this work we investigate how to design, implement and evaluate a teaching strategy to teach Ohm's law and electric circuits in series and parallel, for students of upper secondary education, using the Active Learning (AA) and Meaningful Learning (AS) methodologies, that is, the Interactive Lecture Demonstration (CDI) and the Potentially Significant Teaching Units (UEPS). Active Learning in Physics is currently one of the most successful educational models for teaching Physics at all educational levels. Its origins date back to the 80's of the 20th century. It has had a very interesting evolution that has adapted to advances in science and technology, from low-cost materials to the use of computers to carry out experiments in real time. The "active" methodologies are part of the North American educational movement "Hands on mind on". In the same way, Significant Learning in general is another of the best educational strategies of the last 50 years. This thesis focuses on Interactive Lecture Demonstration (CDI), which are based on the cognitive cycle of Predict, Observe, Discuss and Synthesize (PODS). In the same way, Significant Learning in general is another of the best educational strategies today. We have made a merger of both proposals and the results obtained are encouraging. Our educational proposal was structured in the form of CDI performed on average once a week in alternation with traditional classes, using PhET computational simulations. Our study population were students of the upper middle level of the National Polytechnic Institute. We calculated the Hake learning gain factor, the Bao-Redish concentration factor, and for a more detailed study we used the Rasch analysis, we also used a short student's t-test and a semantic differential questionnaire. The results obtained are very encouraging regarding the use of AA, AS, CDI, UEPS and PhET simulation as support.

CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	
Introducción	16
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Motivación y justificación de la investigación	30
1.2 Preguntas de investigación	37
1.3 Hipótesis de investigación	37
1.4 Objetivo general	38
1.5 Objetivos particulares	38
1.6 Antecedentes (estado del arte)	40
1.7 Limitaciones	52
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	
2.1 El Aprendizaje Activo	57
2.1.1 Aspectos históricos del Aprendizaje Significativo	57
2.1.2 Definiendo el Aprendizaje Activo	63
2.1.3 La evaluación en el Aprendizaje Activo	67
2.1.4 Descripción de las metodologías activas de enseñanza	68
2.1.4.1 Instrucción Basada en el Diseño	77

2.1.4.2 Instrucción Basada en Tecnología	79
2.1.4.3 Instrucción Basada en lo Visual	81
2.1.4.4 Instrucción por Pares	82
2.1.4.5 Aprendizaje Basado en Proyectos	83
2.1.4.6 Aprendizaje Cooperativo	85
2.1.4.7 Aprendizaje Basado en Problemas	86
2.1.4.8 Aprendizaje Basado en Casos	87
2.1.5 Limitaciones del Aprendizaje Activo	88
2.2 El Aprendizaje Significativo	92
2.2.1 Aspectos históricos del Aprendizaje Significativo	92
2.2.2 Rasgos esenciales del Aprendizaje Significativo	93
2.2.3 La V de Gowin	96
2.2.4 Logros y alcances del Aprendizaje Significativo	100
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	
3.1 Descripción de los grupos de la investigación	104
3.2 La estrategia de enseñanza	107
3.2.1 Las clases Demostrativas Interactivas	107
3.2.2 Las Unidades Educativas Potencialmente Significativas	110
3.2.3 Las Clases Demostrativas Interactivas Significativas	113
3.3 Los instrumentos de evaluación	117
3.3.1 La Evaluación Conceptual de Circuitos Eléctricos (ECCE)	118
3.3.2 El Diferencial semántico	119
3.3.3 El factor de ganancia del aprendizaje de Hake	121

3.3.4 El Factor de Concentración de Bao-Redish	124
3.3.5 Análisis de Rasch	128
3.4 El proyecto PhET de simulaciones computacionales interactivas	132
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1 Resultados del pre test y post test de los Grupos 5IM13 y 5IM18	135
4.2 Análisis del factor de Hake	138
4.2.1 Resultados del grupo control 5IM18	139
4.2.2 Resultados del grupo experimental 5IM13	143
4.3 Análisis del Factor de Concentración	147
4.3.1 Resultados del grupo control 5IM18	147
4.3.2 Resultados del grupo experimental 5IM13	150
4. 4 Análisis de Rasch	152
4.4.1 Análisis de Rasch para el grupo control 5IM18	153
4.4.2 Análisis de Rasch para el grupo experimental 5IM13	163
4.5 Cálculo de la t de Student	169
4.6 Aplicación del diferencial semántico	171
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	
5.1 Resultados generales	176
5.2 Propuesta de mejoras	178
5.3 Problemáticas encontradas	180
5.4 Futuras líneas de investigación	181
REFERENCIAS	184

ANEXOS

Anexo I. ECCE (Electric Circuits Conceptual Evaluation)	207
Anexo II. Pre Test y Post Test ECCE reducido	220
Anexo III. Programa de Estudios Física III	225
Anexo IV. Clases Demostrativas Interactivas para circuitos eléctricos de c.c.	230
Anexo V. Programas de eRm para Análisis de Rasch	232
5.1 Código en R para calcular los parámetros de habilidad	232
5.2 Código en R para calcular la frecuencia de la habilidad	235
5.3 Código en R para calcular la dificultad	237
5.4 Código en R para generar las gráficas de barras de habilidad	240
5.5 Código en R para las gráficas de Curvas Características del Ítem	241

LISTA DE FIGURAS	10
-------------------------	-----------

LISTA DE TABLAS	12
------------------------	-----------

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	14
---------------------------------	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pie de figura	Página
2.1	Pirámide del aprendizaje, atribuida a Glasser. El aprendizaje es mínimo cuando se realiza de forma pasiva, y es máximo cuando se realizan actividades “activas”, incluso el enseñar a pares. Fuente: (Benítez, 2012).	58
2.2	Diferencias notables entre el Aprendizaje Significativo y el Aprendizaje Memorístico, ventajas y desventajas. Fuente: Novak (2002).	94
2.3	Esquema general de la estructura funcional de la V heurística del conocimiento de Gowin.	99
3.1	Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 Wilfrido Ruíz Massieu (CECyT 11) del Instituto Politécnico Nacional, ubicada en la Ciudad de México.	104
3.2	Representación gráfica del porcentaje de hombres y mujeres de los grupos experimental y de control.	107
3.3	Diagrama V de Gowin para enseñar la ley de Ohm utilizando AA y AS mediante simulaciones computacionales interactivas PhET.	113
3.4	Diagrama general de las regiones de los tres modelos de Bao-Redish para mostrar la puntuación y los resultados de concentración de múltiples preguntas de elección.	127
3.5	Ejemplo de una Curva Característica del Ítem.	129
4.1	Estudiantes del grupo experimental 5IM13 realizando algunas actividades experimentales con simuladores computacionales.	135
4.2	Dispersión de las respuestas al pre-test con respecto a su ganancia de Hake del grupo de control 5IM18.	140
4.3	Dispersión de las respuestas al post test con respecto a su ganancia de Hake del grupo de control 5IM18.	141
4.4	Dispersión de las respuestas al pre-test con respecto a su ganancia de Hake del grupo experimental 5IM13.	144
4.5	Dispersión de las respuestas al post test con respecto a su ganancia de Hake del grupo experimental 5IM13.	145
4.6	Distribución del factor de concentración contra el puntaje de las respuestas de las preguntas del pre test (círculos color rojo) y del post test (triángulos color azul) del grupo control 5IM18. Se muestra también el factor de concentración promedio y su desplazamiento después de la instrucción tradicional.	149

4.7	Distribución del factor de concentración contra el puntaje de las respuestas de las preguntas del pre test (círculos color rojo) y del post test (triángulos color azul) del grupo experimental 5IM13. Se muestra también el factor de concentración promedio y su desplazamiento después de la instrucción utilizando la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.	151
4.8	Gráficas de pastel que muestran el progreso de las habilidades de los estudiantes del grupo control.	158
4.9	Gráficas de barras que muestran los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo control antes y después de la instrucción tradicional.	158
4.10	Gráficas de barras horizontales que muestran los niveles de habilidad de los estudiantes del grupo control antes y después de la instrucción tradicional.	159
4.11	Gráficas de curvas características al ítem del grupo control antes (a) y después (b) de la instrucción tradicional.	161
4.12	Gráficas de pastel que muestran el progreso de las habilidades de los estudiantes del grupo experimental.	165
4.13	Gráficas de barras que muestran los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo experimental antes y después de la instrucción con la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.	165
4.14	Gráficas de barras horizontales que muestran los niveles de habilidad de los estudiantes del grupo experimental antes y después de la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.	166
4.15	Gráficas de curvas características al ítem del grupo control antes y después de la instrucción tradicional.	167
4.16	Gráficas de la t de student de los grupos de control (a) y experimental (b).	171

LISTA DE TABLAS151

Tabla	158	Página
3.1	Pru158eba de diferencial semántico para estudiar las creencias de los estudiantes respecto al uso de las simulaciones computaciones PhET.	121
3.2	Niveles de puntaje y concentración.	125
3.3	Codificación de las respuestas de los estudiantes en una sola pregunta con un patrón de respuesta. Se muestran patrones de respuesta típicos cuando se utiliza el sistema de codificación de tres niveles.	127
4.1	Respuestas del pre test (a) y post test (b) de los estudiantes del grupo control 5IM18.	136
4.2	Respuestas del pre test (a) y post test (b) de los estudiantes del grupo experimental 5IM13.	136
4.3	Respuestas del pre test y post test por cada pregunta, grupo experimental 5IM18.	137
4.4	Respuestas del pre test y post test por cada pregunta, grupo experimental 5IM13.	137
4.5	Ganancia de Hake individual por estudiante del grupo 5IM18.	139
4.6	Ganancia normalizada conceptual del grupo control 5IM18.	142
4.7	Ganancia de Hake individual por estudiante del grupo 5IM13.	143
4.8	Ganancia normalizada conceptual del grupo experimental 5IM13.	146
4.9	Puntuación (S) y factor de concentración (FC) en el pre test y post test del grupo control 5IM18.	147
4.10	Puntuación (S) y factor de concentración (FC) en el pre test y post test del grupo experimental 5IM13.	150
4.11	Resultado de los exámenes inicial (a) y final (b) del grupo control 5IM18.	153
4.12	Los intervalos de los criterios de dificultad de los ítems.	154
4.13	Intervalos de los criterios para la habilidad de los estudiantes.	154
4.14	Intervalos de los criterios de discriminación de los ítems.	154
4.15	Resultados de los parámetros de dificultad δ del grupo control 5IM18, previos y posteriores a la instrucción tradicional.	155
4.16	Resultados de los parámetros de habilidad θ del grupo control 5IM18, previos y posteriores a la instrucción tradicional.	156

4.17	Resultados de la frecuencia de la habilidad de los estudiantes del grupo control 5IM18.	157
4.18	Resultado de los exámenes inicial (a) y final (b) del grupo experimental 5IM13.	163
4.19	Resultados de los parámetros de dificultad δ del grupo experimental 5IM13, previos y posteriores a la instrucción con la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.	163
4.20	Resultados de los parámetros de habilidad θ del grupo control 5IM13, previos y posteriores a la instrucción tradicional.	164
4.21	Resultados de la frecuencia de la habilidad de los estudiantes del grupo experimental 5IM13.	164
4.22	Calificación promedio de cada estudiante de los grupos control (a) y experimental (b).	169
4.23	Resultado del cálculo de la t de student para los grupos control (a) y experimental (b).	170
4.24	Resultados de las opiniones de los estudiantes del grupo experimental 5IM13 del diferencial semántico con escala negativa y positiva.	172
4.25	Resultados de la percepción de los estudiantes del grupo experimental 5IM13.	172

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AA	Aprendizaje Activo
AAF	Aprendizaje Activo de la Física
AS	Aprendizaje Significativo
ASF	Aprendizaje Significativo de la Física
BEMA	Brief Electricity and Magnetism Assessment
CDI	Clase Demostrativa Interactiva
CDIS	Clase Demostrativa Interactiva Significativa
COVID	Corona Virus
CECyT	Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos
ECCE	Electric Circuits Conceptual Evaluation
IPN	Instituto Politécnico Nacional
FC	Factor de Concentración
OGDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PhET	Physics Education with Technology
PISA	Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes
PODS	Predecir Observar Discutir Sintetizar
TEAL	Technology Enabled Active Learning
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UEPS	Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, específicamente de la física, no es un problema sencillo, ni trivial, no obstante que se utilice tecnología de punta y se apliquen los últimos avances de investigación educativa, el problema de encontrar metodologías de enseñanza científicamente comprobadas y validadas por expertos, es un trabajo que requiere mucha dedicación y cuya aplicación es materia de investigación (Elizondo, 2013). Además, considerando los diferentes componentes de este complejo proceso cognitivo del cual aún no se ha dicho la última palabra, no obstante los avances logrados en educación, simplemente al estudiar las variables involucradas en el proceso de enseñanza aprendizaje, tenemos que la cuestión crece en complejidad. Esto no solo acontece en la física, sino en general, en la enseñanza de las ciencias. Por otro lado, tenemos también la naturaleza misma de las diferentes ramas de la física, las cuales involucran temas conceptuales relacionados con fundamentos teóricos o con aspectos experimentales, lo cual diversifica y complica la investigación educativa. Asimismo, una gran problemática paradójica en la enseñanza de las ciencias, la cual estriba en que hay una gran desarticulación de los logros y nuevos resultados de la investigación educativa en el quehacer diario de los profesores, y esto sucede prácticamente en todos los diferentes niveles educativos (Bauer & Fischer, 2007; Perines, 2016; González *et al.*, 2007; Aguirre-García & Jaramillo-Echeverri, 2008). Incluso desde la década de los 90's se ha cuestionado el fin mismo de la investigación educativa, en este respecto los investigadores de la investigación educativa han llegado a concluir que hay un fallo en la meta última de la educación (Kennedy, 1997; Murillo & Perines, 2017), pues pareciera ser una tarea totalmente desarticulada de la práctica docente y de lo que acontece en el aula (Perines, 2016; Lavis, Robertson, Woodside, McLeod & Aberlson, 2003). Esta problemática ha

llevado incluso a catalogarla como una “crisis de la investigación educativa” (Perines, 2016), la cual actualmente es una línea de investigación educativa, además de continuar el debate hasta nuestros días sobre si la investigación educativa presenta resultados confiables y válidos, así como concluyentes (Kaestle, 1993). Asimismo, las políticas educativas generadas por los diferentes ministerios de educación –principalmente en América Latina-, al depender de periodos gubernamentales fijos, y al no darse una continuidad de gobierno a gobierno, se percibe que no hay una preocupación genuina de aplicar los más recientes descubrimientos o logros alcanzados por la investigación educativa. A esto se añade, el problema colateral del alto costo económico generado por los proyectos de investigación educativa el cual es considerado por los gobiernos, como un gasto superfluo, así como la percepción de que los resultados obtenidos no son de gran impacto para mejorar la educación (Perines, 2017). En este aspecto, es difícil convencer a las autoridades gubernamentales ya que los tiempos en los procesos educativos en la sociedad, son muy lentos (Mora & Moltó, 2019).

Más allá de este tipo de problemáticas educativas que impactan a la compleja disciplina de la Educación en Ciencias, tenemos la cuestión relacionada con la enseñanza tradicional de la física, esto es, la clase conferencia que el profesor imparte frente a la pizarra, con un discurso o contenido que se repite a lo largo de los años, y con poca participación de los estudiantes, los cuales permanecen en una actitud pasiva, en donde la atención se centra en el material didáctico aportado por el profesor a través de su clase conferencia y de los problemas que resuelve frente al grupo (Campanelo, 2003). En este sentido Campanelo & Martín (2001) han señalado que no es posible lograr un aprendizaje significativo con la caduca metodología tradicional de enseñanza, ya que esta tiende a dividir la instrucción en cuestiones teóricas y cuestiones prácticas, en lugar de considerar

el currículo como una unidad indivisible, i.e., los estudiantes no desarrollan su pensamiento deductivo y no tienen la capacidad para generalizar los conocimientos adquiridos en clase. Estos investigadores concluyen que si al proceso de enseñanza y aprendizaje de la física se le diera un enfoque sistémico, tomando en cuenta las diferentes conexiones del conjunto total de partes con su propia lógica interna característica, enfatizando la evaluación integral como parte de la retroalimentación de los estudiantes, entonces se tendrían mejores resultados, considerando todo esto en un marco teórico donde se prioricen tanto la visión de los de los estudiantes como la del profesor.

Desde el siglo pasado, se ha evidenciado una preocupación generalizada por mejorar la educación en todos los niveles, de esta forma se han realizado diversas investigaciones para evaluar la efectividad de nuevas metodologías de enseñanza, contrastadas con la enseñanza tradicional (Hussain *et al.*, 201; Villareal *et al.*, 2005). Es importante señalar, que la enseñanza tradicional tiene sus virtudes así como sus aspectos positivos, además que gran cantidad de académicos se han graduado en esta modalidad de enseñanza, pero por otro lado, tiene su lado oscuro, y es que generalmente, los estudiantes no logran construir conceptos claves, ni desarrollan habilidades científicas que posteriormente necesitarán en su labor profesional. Por consiguiente, la evaluación del conocimiento es una componente esencial y muy importante del proceso de enseñanza aprendizaje. Desafortunadamente, una mala práctica educativa, incluyendo a la Educación en Ciencias en los niveles educativos básicos, es que los profesores tienden a formar a sus estudiantes para aprobar exámenes con buenas notas, aun cuando conceptualmente son deficientes, creando así una cultura de la evaluación para ser certificados por gobiernos e instituciones nacionales e internacionales tales como la popular prueba PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes) creada

por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), la cual se aplicada cada 3 años a estudiantes entre 15 y 16 años, con el fin de medir habilidades en lectura, matemáticas y ciencias, para proporcionar a los gobiernos de los países miembro, indicadores con los cuales poder determinar la eficiencia y la eficacia de los sistemas educativos, o también la prueba ERCE (Escritura del Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE 2019),) de la Unesco, la cual se aplica a estudiantes de tercero y sexto de primaria la cual permite medir los logros de aprendizaje en su nivel cultural y factores asociados de las disciplinas. Además de las evaluaciones nacionales de los diferentes ministerios de educación. De esta forma el desafío máximo para las autoridades educativas, es poder ser incluidos en la OCDE y estar en una buena posición de la lista, además de que cada tres años tienen la consigna de subir en el ranking mundial (Blanco, 2006). Esto conlleva a presionar a los ministerios de educación a obtener una buena nota como país, lo cual involucra a los profesores del nivel básico y en el futuro quizás a profesores universitarios.

Aquí nos encontramos ante un panorama de simulación educativa, en donde los esfuerzos académicos se centran en conseguir que los estudiantes resuelvan satisfactoriamente un examen obteniendo un buen porcentaje de aciertos (Suzarte, 2015). Si bien, la evaluación de asignaturas como matemáticas y ciencias, así como la lectura son importantes, no se debe descuidar las demás y la educación no se debe centrar en un espíritu de aprobar exámenes en vez de aprender a aprender. He aquí el por qué es importante hacer investigación educativa en física y poderla vincular con la práctica docente.

Por otro lado, las tendencias actuales en la investigación educativa apuntan hacia la cercanía del docente y el estudiante, y viceversa (Carranco *et al.*, 2020), así como a los escenarios alternativos generados por la contingencia mundial sanitaria del COVID-19 (Girón. 2020), esto es, la instrucción a distancia y el uso de tecnología, simulaciones computacionales, laboratorios virtuales, laboratorios remotos, el laboratorio extendido (Idoyaga, 2022). Asimismo, la innovación de la clase de física se ha enfocado grandemente en el uso de tecnologías como auxiliar para la enseñanza, así como los métodos activos (Guisasola & Zuza, 2020). También, el modelo STEM ha tenido una creciente aceptación entre los docentes de física que buscan innovar su forma de dar clases (Cohelo *et al.*, 2018; Mora *et al.*, 2022). Con esta tendencia viene emparejado el trabajar mediante aprendizaje basado en proyectos, en donde se busca desarrollar habilidades cognitivas críticas, de forma que el estudiante pueda resolver problemas más realistas, incluso en su mismo entorno social (López *et al.*, 2020). Esta línea de trabajo también es conocida como física en contexto; en esta visión se proporcionan actividades que le permiten al estudiante identificar relaciones de conceptos físicos con su entorno cotidiano, y se promueve que pueda identificar y construir modelos cognitivos. Aunado a esto, se busca que el estudiante juegue un papel más protagónico en el proceso de enseñanza y aprendizaje, esto es, que sea el elemento central, y evitar concentrar la atención tanto en el material didáctico que se utiliza, o en la metodología de enseñanza, o inclusive en la labor del profesor.

En conclusión, el estudiante debe de ser el agente central del proceso de enseñanza aprendizaje, y se busca que él sea su propio agente para construir su conocimiento, esto es, que sea capaz de autogestionar los procesos claves para construir su propio conocimiento científico y que este sea significativo. Asimismo, se busca que desarrolle

diversas habilidades o competencias, de forma que construya su conocimiento de forma responsable, inclusiva, solidaria, colaborativa, con sentido social y que se preocupe por su medio ambiente (Barba, 2005).

El Aprendizaje Activo y el Aprendizaje Significativo, son dos de los mejores escenarios educativos para el aprendizaje de las ciencias. Cabe señalar que las metodologías activas han tenido su auge desde los años ochenta (Revans, 1982), en donde oficialmente surgió el término de Aprendizaje Activo (AA), y han demostrado resultados muy alentadores para la enseñanza de las ciencias (Mora *et al.*, 2022, Meltzer & Thornton, 2012; Sokoloff, 2006; Michael, 2006). Dentro de las metodologías de enseñanza activa más exitosas, tenemos los Talleres de Física, la Enseñanza por Proyectos, la Instrucción por Pares, el Aula Invertida, las Clases Demostrativas Interactivas (CDI), etc. Las metodologías activas son básicamente toda actividad didáctica colaborativa asistida por el profesor, con una secuencia bien establecida para promover el autoaprendizaje y donde el estudiante es el centro de atención para experimentar, interactuar, analizar, sintetizar y comunicarse con los demás (Schewartz y Pollishuke, 1998).

Uno de los principales rasgos distintivos de las actividades de AA, es que están basadas en el constructivismo y en el trabajo colaborativo. En la investigación realizada en esta tesis, utilizamos las CDI desarrolladas por Sokoloff y Thornton (2004). Esta metodología se basa en un ciclo cognitivo con actividades que promueven el realizar predicciones, observaciones, discusiones y sintetizar ideas, lo cual es conocido como el ciclo PODS. No obstante que las CDI contienen una parte experimental en donde los estudiantes son involucrados para poder seguir el ciclo PODS, se recomienda hacerlas en el aula de clases, independientemente de las prácticas del laboratorio de física, pues no

obstante que incluyen actividades experimentales, no corresponden al trabajo tradicional del laboratorio. Se recomienda trabajar con grupos reducidos de estudiantes (de 2 a 4 integrantes), al menos una vez por semana y en forma alternada con la exposición tradicional de la clase de física.

Diversos autores (Sokoloff, 2012, Laws *et al.*, 2015, Mazzolini, 2010) han estudiado y evidenciado la efectividad de las CDI, de forma tal que esta metodología ha ganado prestigio y se ha logrado colocar como una de las mejores para la enseñanza de la física. Por otro lado, Moreira (2011) desarrolló las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS), en el marco del Aprendizaje Significativo. Esta propuesta educativa busca proporcionar al profesor herramientas para evitar el aprendizaje tradicional que lleva al mecanicismo, a final de cuentas se busca motivar a los docentes a innovar su clase tradicional, a mejorarla a través de la investigación y de la articulación de actividades no convencionales y que son contrarias a solo enseñar algoritmos que conducen a aprendizajes rígidos poco efectivos y que no son recomendables en el aprendizaje de las ciencias.

Desde los años setentas, el Aprendizaje Significativo (AS) se ha posicionado como una de las teorías psicológicas del aprendizaje en el aula más importantes, la cual fue creada por el psicólogo y pedagogo norteamericano David Ausubel (Ausubel, 1976), y que ha tenido una extensa aplicación en la Enseñanza de las Ciencias. En aquel tiempo, uno de los modelos imperantes en educación que ganó difusión fue el aprendizaje basado en el descubrimiento, en donde se cree que el estudiante aprende lo que va descubriendo, y precisamente Ausubel desarrolló su teoría como una contrapropuesta para esa corriente educativa.

La posición de Ausubel es que, el estudiante no debe descubrirlo todo, sino más bien para que pueda lograr un conocimiento realmente significativo, debe de partir de lo que ya posee dentro de sí mismo, esto es, se debe partir del conocimiento previo, o sea de aquellos conocimientos que pueden dar lugar a otros nuevos (subsumidores). Puede ser que algunos de sus conocimientos no sean correctos, pero con la ayuda del profesor, de la metodología de enseñanza, que incluirá actividades específicas para crear nuevo conocimiento correcto, se logre un cambio conceptual (Ausubel, 2002).

La naturaleza misma del Aprendizaje Significativo es ideal para el aprendizaje de las ciencias, pues logra producir y corregir conceptos de una forma más dinámica a diferencia de solo tratar de descubrir conocimientos y adueñarse de ellos, en cierta forma esto conduce al estudiante a una actitud pasiva en donde hace un esfuerzo mínimo por aprender.

Para poder lograr conocimientos estables y realmente significativos, que sean perdurables y que ayuden al estudiante de ciencias a generar nuevos conocimientos que puedan aplicarse a diversas situaciones con las cuales se enfrentará al tratar de resolver problemas “reales” a diferencia de los problemas de los libros de texto, en donde se pueden conseguir aprendizajes ciertamente correctos, pero de forma lenta y de difícil aplicación a problemáticas reales que generalmente no encajan con lo presentado en ese tipo de materiales didácticos. Por ello, las actividades que llevarán a generar conocimientos significativos tienen que ver más con solo leer textos, o saber resolver problemas con lápiz y papel, más bien se sugieren actividades como discusiones grupales, o entre pares, utilización de videos y simulaciones computacionales, etc. (Rodríguez, 2004).

En una enseñanza realmente significativa, el profesor debe buscar satisfacer dos condiciones que asegurarán la construcción de aprendizajes significativos en los estudiantes, y estas son las siguientes:

1) Primeramente, el estudiante debe tener el deseo de aprender significativamente, pues si no se cumple con esta condición, nunca se podrá construir conocimiento realmente significativo. Tener el deseo es el primer paso.

2) Las actividades de aprendizaje en la clase deben de ser significativas, solo así se conseguirá que el estudiante construya conocimientos significativos. En este aspecto el profesor debe utilizar diversos recursos que tomen en cuenta las ideas o conocimientos preexistentes que pueden servir de ancla para nuevos conocimientos.

La novedad del planteamiento Ausubeliano es que, se busca proveer al estudiante de un escenario novedoso que contribuya significativamente a la construcción del conocimiento el cual en vez de tomar o descubrir el conocimiento ya elaborado por el profesor o el material didáctico, debe ser elaborado por él estudiante mismo quien debe de tener primeramente el deseo de aprender significativamente, y con ayuda del profesor, echar mano de sus conocimientos previos del tema de la clase (Ausubel, 2002). El triángulo del proceso educativo significativo (Estudiante-Profesor-Material significativo) debe ser equilibrado conjunta y armoniosamente por el deseo de aprender y por las actividades significativas a realizar, las cuales mediante la guía y mediación del profesor buscarán cambiar la estructura cognitiva preexistente de subsumidores por una estructura mejor, más estable y verdaderamente significativa (Moreira, 2000).

Marco A. Moreira de Brasil es uno de los investigadores que más aportes ha realizado en la investigación en Educación de las Ciencias sobre el AS. El propuso un

modelo de enseñanza significativa para las ciencias, considerando una perspectiva conceptual del conocimiento, que incluye las siguientes fases (Moreira, 2008):

1) Primeramente, el docente antes de proceder a enseñar, tiene que definir la estructura del conocimiento que va a enseñar, la cual incluirá definiciones de conceptos y proposiciones del tema a tratar en la clase.

2) Asimismo, el docente debe de identificar las ideas preexistentes de los estudiantes, es decir, los conceptos subsumidores que servirán de ancla para la construcción de nuevos conocimientos significativos.

3) Proveer de una clase significativa, esto es, se deben de organizar las actividades de enseñanza considerando la estructura conceptual de las diferentes temáticas del curriculum.

4) Ejecutar la enseñanza en el aula, es decir, desarrollar la secuencia didáctica significativa que incluirá las diferentes actividades que permitirán la interacción de ideas y concepciones de los estudiantes.

En el trabajo desarrollado en esta tesis, hemos utilizado diversos aspectos tanto del AA y del AS para la enseñanza de conceptos de electricidad, y en específico de circuitos eléctricos de corriente continua, que son de nuestro interés particular. Consideramos que es interesante e importante investigar en particular, la efectividad de dos metodologías de enseñanza bien conocidas para la enseñanza de la física, estas son, las CDI y las UEPS. La otra componente de nuestra propuesta educativa es la utilización de simulaciones interactivas PhET, las cuales son un recurso de gran actualidad y que nos facilitó el realizar algunas actividades experimentales que no fue posible realizarlas de forma presencial, debido a la pandemia mundial del COVID-19.

Precisamente, el Profesor Carl E. Wieman de la Universidad de Boulder, Colorado, en el año 2002 creó el proyecto llamado *PhET Interactive Simulations*¹, el cual es un proyecto educativo sin fines de lucro, de libre acceso en donde se desarrollarían simulaciones interactivas de acceso gratuito y disponibles en internet. Dicho proyecto fue financiado en parte con el dinero que obtuvo al ganar el premio Nobel en 2001. Inicialmente el proyecto se enfocó en generar simulaciones interactivas para la enseñanza de la física, las cuales ayudaran a los estudiantes y profesores para facilitar el aprendizaje de conceptos problemáticos de esta disciplina. Sin embargo, poco a poco el proyecto PhET se extendió a las disciplinas de la química, la biología, así como las ciencias de la tierra y las matemáticas. A dos décadas de su creación, el proyecto PhET ha crecido con una perspectiva internacional. Se han formado grupos de asesores de PhET en varios países, los cuales contribuyen grandemente a actualizar y desarrollar nuevas simulaciones. Actualmente, el programa PhET tiene una robusta colección de simulaciones, disponibles en una diversidad de idiomas y las cuales reciben mejoras propuestas por los profesores en activo, e incluso los profesores pueden diseñar nuevas simulaciones. La motivación para realizar el proyecto PhET fue consecuencia de la experiencia de Wieman al exponer sus clases y conferencias utilizando simulaciones computacionales, las cuales se utilizaban mediante videos, los cuales no eran interactivos, y con parte del dinero obtenido del premio Nobel ha promovido el desarrollo de simulaciones computacionales pero interactivas. Las simulaciones interactivas son diseñadas para ayudar a los estudiantes a comprender, analizar, y desarrollar modelos matemáticos de fenómenos naturales, los cuales permiten la manipulación de variables, la predicción de situaciones, constituyendo así un experimento simulado en Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA), (Giacosa *et al.*, 2009).

¹ <http://phet.colorado.edu>

Finalmente, las simulaciones PhET nos han llamado la atención para utilizar su riqueza, versatilidad, su facilidad de manipulación y su accesibilidad para estructurar Clases Demostrativas Interactivas Significativas (CDIS), las cuales son generadas utilizando algunos recursos de las CDI y de las UEPS.

En los Estados Unidos de Norteamérica, en los años noventa, Sokoloff y Thornton (1997) crearon las CDI utilizando en sus secuencias didácticas experimentos físicos sencillos, incluso con materiales de bajo costo, y de fácil acceso tanto para profesores como para los estudiantes. La metodología activa de las CDI sigue el énfasis dado por la línea de enseñanza de “*Hands on, minds on*”, esto es, propiciar que los estudiantes utilicen sus manos al interactuar con los materiales para construir su propio conocimiento. Sin embargo, con el desarrollo de la tecnología, se ha producido una innovación y modernización de las metodologías activas. Primeramente, fue el caso de la “Física en tiempo real”, en donde se utiliza la computadora conectada a dispositivos de detección para graficar los resultados de los experimentos simultáneamente a su realización (Thornton & Sokoloff, 1990).

En las primeras décadas del presente siglo, se ha incluido más a la tecnología en las metodologías activas (Dori & Belcher, 2009), llevando así a lo que se conoce como Aprendizaje Activo de la Física Basado en la Tecnología (*Technology Enabled Active Learning*, TEAL), el cual ha producido logros importantes que diversos investigadores han contrastado con enseñanza tradicional, mostrando las virtudes de utilizar simulaciones computacionales en lugar del experimento físico (Shieh, Chang & Liu, 2011).

El desarrollo de la intervención didáctica de nuestro proyecto de investigación es que durante un semestre, cuando se imparte la asignatura de Física III en el CECyT No. 11, se implementó la CDIS al grupo experimental y asimismo se aplicó el mismo test validado sobre conceptos de electricidad antes y después al grupo experimental y al grupo de control, para posteriormente realizar el análisis estadístico y así tener elementos que nos permitan mostrar las ventajas o desventajas del uso de la misma. Para nuestro análisis cuantitativo, utilizaremos el factor de ganancia del aprendizaje de Hake, y el factor de concentración de Bao-Redish, así como el modelo estadístico de Rasch, además del factor Gamma para identificar si hay algún concepto errado común en los estudiantes del estudio, y finalmente poder descartar la hipótesis nula utilizando dos pruebas como son la t de Student y el factor de Hake.

Se ha trabajado en un ambiente colaborativo, para ello se forman equipos de 3 a máximo 4 participantes, asimismo se desarrollan las actividades de la secuencia didáctica de la CDIS siguiendo el ciclo PODS mediante la manipulación de las simulaciones interactivas PhET.

El cuerpo de la tesis está estructurada de la siguiente forma: En el capítulo 1, tratamos sobre el planteamiento del problema. El capítulo 2 está dedicado para mostrar nuestro marco teórico del AA y del AS, así como las simulaciones. El capítulo 3 muestra la metodología utilizada, la estructuración de las CDIS, en el capítulo 4 mostramos nuestros resultados, derivados del análisis de exámenes pre y post test. Finalmente, en el capítulo 5 mostramos nuestras conclusiones y futuras líneas de investigación.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Motivación y justificación de la investigación

La motivación de por qué decidimos investigar la aplicación del AA y el AS mediante simulaciones PhET, así como su justificación, las hemos planteado desde diferentes perspectivas interrelacionadas. Primeramente, partimos de la misma disciplina de la Enseñanza de la Física, de la visión y objetivos institucionales y su impacto en la sociedad, así como de la perspectiva del estudiante y del docente, y finalmente desde una perspectiva personal.

Nuestra primera motivación para realizar nuestro proyecto, es poder hacer un aporte a la investigación en la Educación en Física, esto es, al tratamiento científico del proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, y contribuir al mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes. Desafortunadamente en nuestro país se cuenta con poca investigación en esta disciplina, mientras que, por ejemplo, en los Estados Unidos de Norteamérica se tiene una estructura de investigación muy elaborada y con mucha tradición académica, lo cual se manifiesta tanto por el gran financiamiento a las investigaciones, también en la formación de profesores especializados en física y en su enseñanza, así como en los diferentes programas de posgrado en Enseñanza de la Física, que proveen una amplia oferta de actualización y formación docente. Se cuenta también, con asociaciones y sociedades de física, de ciencias en general y de profesores de física, con gran presencia nacional e internacional, las cuales ofrecen un vasto escenario para los docentes, en donde se reúnen empresas educativas, compañías de diseño y elaboración de software y de equipo para laboratorios de física y de enseñanza, así como editoriales de prestigio que

ofertan un amplio mercado de revistas de investigación, enseñanza y divulgación, así como de libros de texto, muchos de los cuales en nuestros días tienen gran aceptación en formatos digitales y en línea, en donde los estudiantes pueden trabajar directamente los materiales didácticos. Asimismo, se cuenta con alrededor de 85 instituciones en Norteamérica que fomentan y realizan investigación educativa en física y en ciencias. Finalmente, las simulaciones PhET que surgieron de un proyecto sin fines de lucro, las cuales son gratuitas y han mostrado su gran utilidad en la enseñanza de las ciencias, además de que son muy atractivas a los estudiantes. Si bien, en los países en desarrollo no contamos con esa infraestructura educativa que asegura el éxito académico, sí podemos hacer investigación y utilizar los resultados ya publicados y los recursos gratuitos para medir su efectividad en nuestro entorno.

No obstante que se han realizado muchas investigaciones educativas en torno al tema de la ley de Ohm y de los circuitos eléctricos de corriente continua, incluso utilizando metodologías activas (Meltzer & Thornton, 2012), no encontramos información sobre la unión o combinación del AA con el AS, y menos aun utilizando simulaciones interactivas PhET. Más adelante, en la sección 1.6 donde tratamos sobre el estado del arte, ahondaremos más sobre los diferentes aportes y metodologías utilizadas por la comunidad de investigadores educativos en este tema. Así pues, teniendo referencias de la efectividad de ambas estrategias educativas, tanto del AA (Michael, 2006), como del AS (Enríquez, 2021; Contreras, 2016), buscamos el poder combinar las virtudes de las mismas, así como utilizar recursos tecnológicos para suplir las demostraciones experimentales presenciales, pues el trabajo de investigación con los estudiantes, fue realizado durante la pandemia de COVID-19, utilizando algunas simulaciones interactivas PhET.

Consideramos que, el poder desarrollar secuencias didácticas científicamente probadas, en la modalidad de Clases Demostrativas Interactivas Significativas (CDIS) apoyadas por tecnología, contribuye a una buena educación como bien señala Moreira (1997), pues son una propuesta constructivista, promueven el cambio conceptual y facilitan el AS. Por consiguiente, son es un aporte a la Enseñanza de la Física, además de mostrar con detalle la forma de evaluar mediante técnicas estadísticas la aplicación de la metodología diseñada, así como su utilización y su eficacia en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Desde la perspectiva de la visión y objetivos institucionales, nuestra investigación es congruente con el modelo educativo del Instituto Politécnico Nacional (IPN), el cual propicia aprender a aprender, la prioridad por tanto es el aprendizaje del estudiante, pero este es un aprendizaje que debe promover los ideales de una institución que surgió en 1936 como una consecuencia de la Revolución Mexicana, pues a principios del siglo pasado, nuestro país se encontraba en un alto grado de atraso, desigualdad y pobreza. Así pues, el IPN se creó para proveer los técnicos y científicos que el país necesitaba para lograr progresar y brindar una mejor calidad de vida a la población, pero esto solo es posible desde una perspectiva equilibrada de una educación en valores, científica y tecnológica. Asimismo, promueve el desarrollo social equitativo, la lucha contra la pobreza y la auto sustentabilidad responsable, que asegure un mejor país para las nuevas generaciones (García *et al.*, 2011). El IPN es una de las más grandes e importantes universidades tecnológicas de México y de Latinoamérica, con una población aproximada de 176,000 estudiantes en los niveles medio superior, superior y posgrado. Cuenta con alrededor de 900 profesores de física y una población del nivel medio superior de 40,000 estudiantes que llevan cursos de física. La misión del IPN es:

“Institución educativa del Estado que forma integralmente a técnicos, profesionistas e investigadores a través de programas pertinentes en diversas áreas del conocimiento, que realiza investigación científica y tecnológica; promueve la innovación y fomenta la vinculación y extensión con los sectores productivo y social, para contribuir al desarrollo tecnológico, económico, político, social y cultural del país.” (IPN, 2022)

Y su visión es:

“Ser referente de la educación superior tecnológica en México y el mundo por la excelencia de la formación que brinda, el conocimiento científico de vanguardia que genera, las soluciones innovadoras que aporta a los problemas nacionales, y sus contribuciones a la transformación del país, en un ambiente de inclusión, libertad, equidad, transparencia y democracia.” (IPN, 2022).

Al diseñar y utilizar las CDIS, se está contribuyendo a la innovación educativa de calidad, a la inclusión de los estudiantes en un ambiente de respeto, solidaridad, de trabajo colaborativo, promoviendo la libertad de expresión y el trabajo democrático. Al formar mejor a los estudiantes en física, se contribuye a generar mejores egresados del bachillerato de las licenciaturas, contribuyendo así a hacer un mejor país, transformándolo desde las aulas universitarias.

También, al estructurar CDIS con experimentos sencillos, o con materiales de bajo costo o de deshecho, se busca abordar problemas de su entorno, y ese tipo de enfoque de resolución de problemas en contexto, tiende a crear profesionistas que puedan resolver los problemas de la sociedad en la que viven. Consideramos que este tipo de propuestas

educativas dan respuesta a los desafíos de la globalización y de la sociedad del conocimiento, precisamente a la necesidad de transferencia del conocimiento y de la tecnología, contribuyendo así a tener egresados de las universidades mucho más competitivos y preparados para afrontar los retos de una sociedad cada vez más compleja y demandante.

De acuerdo a lo antes mencionado, se requiere formar estudiantes más críticos y preparados para enfrentar los desafíos de una sociedad globalizada. El IPN ha enfatizado que el modelo académico actual de la institución debe tender a la Educación 4.0, en donde debe haber una vinculación más estrecha de la escuela, industria y sociedad. A final de cuentas, la nueva revolución industrial que está desarrollándose en el mundo requiere estudiantes con habilidades y destrezas académicas acordes a las exigencias de los cambios y avances tecnológicos. El surgimiento de nuevas tendencias de enseñanza de las ciencias y de modelos educativos como el STEAM, abren nuevos escenarios de formación para los estudiantes, que requieren más la utilización de las tecnologías (Mora *et al.*, 2022). Por otro lado, el surgimiento de crisis sociales como la vivida recientemente por la pandemia del CORONAVIRUS, forzó a las universidades a una virtualidad en la mayoría de los casos improvisada. Sin embargo, se han generado puntos de inflexión en las escuelas para utilizar las tecnologías de una forma más planeada y consciente del gran potencial.

Considerando también que las nuevas generaciones se han formado en escenarios digitales, provistos de dispositivos electrónicos inteligentes, inmersos en una cultura tecnológica con Ambientes Virtuales de Aprendizaje, de plataformas virtuales de trabajo colaborativo, de aplicaciones de inteligencia artificial, de simulaciones interactivas en la

web, de realidad aumentada, de bibliotecas virtuales, de videojuegos cada vez más complejos y realistas. Ante este escenario de avances tecnológicos, los estudiantes requieren de una educación acorde a la globalización. Por consiguiente, una propuesta educativa que vincule AA y AS utilizando simulaciones interactivas de libre acceso en la web, es totalmente viable para dar respuesta a sus necesidades educativas. Si bien la mayoría de los países en vías de desarrollo no se encuentran preparados para ir a la par del avance que tienen los países desarrollados, consideramos que las propuestas académicas como nuestra investigación, pueden aportar pequeños avances a la educación al propiciar un cambio conceptual en los estudiantes, y en formar a nuevos profesores al proporcionar experiencias de investigación que pueden replicar o mejorar. Esto nos lleva, al tema de la formación y la actualización docente. En particular la planta docente del IPN se caracteriza porque alrededor del 70% de los profesores, son mayores de 50 años. El fenómeno del envejecimiento de la planta docente de la institución, se ha recrudecido en los últimos 30 años. Además, de la actitud reacia a utilizar nuevas tecnologías para la enseñanza. La urgencia de innovar la clase de ciencias, en particular de la física, requiere de nuevos escenarios que dependiendo de la facilidad de manipulación y de su fascinación didáctica, pueden hacer la diferencia para lograr un cambio de actitud, y más allá, un cambio curricular acorde a los cambios y las nuevas tendencias educativas. Es interesante notar, que durante la pasada contingencia sanitaria internacional del COVID-19, se evidenció que no basta con que los profesores preparen sus clases expositivas en Power Point, que utilicen videos de Youtube, o que estructuren actividades de aprendizaje virtuales en plataformas como Moodle, Canvas o Blackboard, sin planeaciones didácticas adecuadas, dando lugar a cursos acartonados, cargados de información, siendo poco atractivos e incluso antipedagógicos. Si bien la innovación educativa es una cara de la misma moneda de la investigación educativa (Guisasola & Zuza, 2020), hay profesores

que no tienen experiencia en realizar investigación educativa, ni saben cómo innovar su clase. Por ello, es importante hacer investigación educativa para proveer de resultados que sean fácilmente incorporados a la praxis docente. A ello aspiramos en este proyecto, obtener resultados que los profesores puedan repetir, secuencias didácticas que puedan mejorar y finalmente impactar en sus estudiantes para desarrollar un pensamiento más crítico.

Finalmente, desde una perspectiva personal, la motivación surge por el deseo de explorar nuevos escenarios educativos apoyados por las simulaciones computacionales que son de libre acceso y de fácil manejo, en especial en el marco del AA y del AS, porque en su ejercicio docente el autor ha obtenido resultados interesantes al utilizar CDI principalmente en mecánica clásica y en electricidad (Mora *et al.*, 2020).

Asimismo, el enfocar nuestra atención a estudiantes de nivel medio superior, esto es, en el nivel preuniversitario, nos ha resultado atractivo para investigar la ganancia en el aprendizaje y posteriormente explorar los niveles educativos previos y posteriores. Asimismo, escoger el tema de la ley de Ohm, es porque es una ley fundamental para entender y manipular circuitos eléctricos de corriente continua.

Buscamos desarrollar habilidades cognitivas, que ayuden a formar un pensamiento crítico que mejore el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, y así tener elementos para proponer cambios curriculares o de enfoque sobre la forma en que se desarrollan las habilidades en los cursos de física (Mora & Moltó, 2019).

1.2 Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación que hemos planteado en nuestro proyecto de investigación, son las siguientes:

- 1.2.1 ¿Cómo estructurar una secuencia didáctica que utilice Aprendizaje Activo y Aprendizaje significativo mediante simulaciones interactivas PhET para enseñar circuitos eléctricos de corriente continua a estudiantes de nivel medio superior?
- 1.2.2 ¿Cuál es el efecto en el aprendizaje en estudiantes de nivel medio superior al utilizar secuencias didácticas basadas en Aprendizaje Activo y Aprendizaje significativo con simulaciones interactivas PhET para el análisis de circuitos eléctricos de corriente continua?

1.3 Hipótesis de investigación

Puesto que nuestra metodología de evaluación es cuasi experimental (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014; McMillan & Schumacher, 2005), en donde buscaremos comparar las capacidades y conocimientos de los estudiantes participantes en la investigación antes y después de la implementación de las Clases Demostrativas Interactivas Significativas, el objetivo del proyecto es rechazar la hipótesis nula la cual sugiere que:

- 1.3.1 *La implementación del Aprendizaje Activo con el Aprendizaje Significativo, combinando Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas con Clases*

Demostrativas Interactivas para generar Clases Demostrativas Interactivas Significativas, mediante simulaciones PhET para enseñar circuitos eléctricos de corriente continua, no tiene un impacto significativo en el aprendizaje de los estudiantes.

1.3.2 *La utilización de herramientas estadísticas como son la Ganancia Normalizada de Hake y el Factor de Concentración de Bao-Redish, así como la relación ítem - estudiantes mediante el modelo de Rasch, ayudan a mostrar el impacto cuantitativo sobre el rendimiento en el aprendizaje de los estudiantes en conceptos de circuitos eléctricos de corriente continua. Asimismo, la utilización de instrumentos de evaluación de calidad empleando una escala tipo diferencial semántico permitirá obtener una evaluación cualitativa de la percepción de los estudiantes respecto a las estrategias que se utilizaron en la enseñanza.*

1.4 Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar secuencias didácticas para estudiantes de nivel medio superior, utilizando Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas y Clases Demostrativas Interactivas mediante simulaciones PhET para circuitos eléctricos serie, paralelo y mixtos.

1.5 Objetivos particulares

Los objetivos particulares de la tesis son los siguientes:

- 1.5.1 Diseñar una secuencia didáctica de Clase Demostrativa Interactiva Significativa (CDIS) utilizando actividades de aprendizaje que involucre componentes del Aprendizaje Activo y del Aprendizaje Significativo para enseñar circuitos eléctricos serie y paralelo.
- 1.5.2 Definir las simulaciones interactivas PhET que se incorporarán en las Clases Demostrativas Interactivas Significativas (CDIS).
- 1.5.3 Aplicar la secuencia didáctica de la CDIS en un grupo del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) No. 11 Wilfrido Ruíz Massieu del Instituto Politécnico Nacional, en el curso Física III.
- 1.5.4 Aplicar instrumentos de evaluación validados sobre ejercicios de electricidad, esto es, un test diagnóstico antes y después de las Clases Demostrativas Interactivas Significativas.
- 1.5.5 Desarrollar una estrategia de evaluación estadística basada en la Ganancia Normalizada de Hake y el Factor de Concentración de Bao-Redish, así como la relación ítem - estudiantes mediante el modelo de Rasch, además de la significancia estadística de las comparaciones entre el grupo experimental y el de control.
- 1.5.6 Analizar e interpretar los resultados obtenidos de la implementación de las CDIS.

1.5.7 Con base en los resultados obtenidos, proceder a realizar las recomendaciones pertinentes para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje del curso de Física III en el CECyT No. 11.

1.6 Antecedentes (estado del arte)

El tema circuitos eléctricos por su gran versatilidad, es un tema de actualidad y un recurso didáctico interesante para la enseñanza y aprendizaje de conceptos de electricidad, especialmente en estudiantes que inician su formación en física, y se han dado diversas propuestas para su enseñanza. En este sentido, Burde & Wilhelm (2020b) señalan que para la mayoría de los estudiantes de secundaria el desarrollar una sólida comprensión de los circuitos eléctricos simples representa un gran desafío. Uno de los errores conceptuales es que, los estudiantes tienden a razonar exclusivamente con corriente y resistencia cuando analizando los circuitos eléctricos ya que ven el voltaje como una propiedad de la corriente eléctrica y no como una propiedad independiente cantidad física. Como resultado, a menudo tienen dificultades para comprender la importante relación entre el voltaje y corriente en circuitos eléctricos.

Para conseguir que el voltaje sea el concepto principal de los estudiantes al analizar circuitos eléctricos, este se presenta como una "diferencia de presión eléctrica" a través de una resistencia que es tanto la causa de una corriente eléctrica como el aire las diferencias de presión son la causa del flujo de aire. De esta forma han conseguido que los estudiantes desarrollen una comprensión cualitativa de circuitos simples de corriente continua que les permita hacer inferencias sobre la corriente eléctrica a partir del voltaje y la resistencia (Burde & Wilhelmm 2020a).

Paula & Talim (2012) han investigado la percepción de los estudiantes de nivel medio en Brasil sobre el uso de un laboratorio virtual como recurso de enseñanza y aprendizaje de los circuitos eléctricos de corriente continua. Propusieron un entorno virtual que permite la manipulación de elementos de los circuitos y dispositivos de medición. Además de ese recurso, diseñaron otros siete más para ser utilizados de manera coordinada, con el fin de mediar en la acción de los estudiantes, así como en las interacciones estudiante-estudiante y estudiante-profesor, que están enfocados en la enseñanza y aprendizaje de conocimientos escolares sobre circuitos eléctricos. También investigaron los conceptos de mediación, acción mediada y recursos mediacionales, así como una interpretación teórica, elaborada a posteriori, de las elecciones que han llevado a diseñar y coordinar los recursos que utilizaron. Los resultados que encontraron muestran un alto compromiso de los estudiantes en el uso de los recursos mediacionales y su percepción de la importancia del entorno virtual para la realización de los mismos.

Santoso & Munawanto (2020) desarrollaron una colección de experimentos de circuitos eléctricos virtuales para utilizarse en laptops mediante animaciones flash en un *constructor de circuitos* diseñado para ayudar a los estudiantes a comprender este tema, el cual se basa en el modelo 4D (Definir, Diseñar, Desarrollar y Difundir). Los autores analizaron el nivel de factibilidad y la efectividad de su *constructor de circuitos* para mejorar el dominio de circuitos eléctricos de los estudiantes, encontrando que era satisfactorio y que su laboratorio virtual puede mejorar el dominio de circuitos eléctricos de los estudiantes que hacen prácticas con laboratorios tradicionales.

Alamatsaz & Ihlefeld (2020), presentan sus resultados alentadores sobre utilizar Arduino para diseñar prácticas de laboratorio remoto para simular circuitos eléctricos de

corriente continua serie-paralelo, circuitos RC y circuitos op-amp., para 70 estudiantes de ingeniería biomédica durante la pandemia de COVID-19, encontrando que el desarrollo de sus habilidades cognitivas fueron mejores que las de los cursos tradicionales de enseñanza en donde llevan laboratorios físicos con instrumental de medición tradicionales, voltímetros, amperímetros y osciloscopios.

Surtiana *et al.* (2020), investigaron la efectividad del laboratorio virtual cambio conceptual (VCCLab) en la reconstrucción de la concepción de los estudiantes de secundaria sobre el concepto de circuitos eléctricos en paralelo. El concepto erróneo sobre que se abordó en este estudio es que la adición de ramas idénticas a un circuito paralelo cambiará la cantidad de corriente eléctrica que fluye en cada circuito ramal existente porque la diferencia de potencial y el valor de resistencia en estas ramas paralelas no cambian. El VCCLab que utilizaron en esta investigación fue el laboratorio de cinco etapas orientado al cambio conceptual desarrollado por los investigadores. Para apoyar las actividades de VCCLab, desarrollaron hojas de trabajo para estudiantes y el equipo de laboratorio necesario. Utilizaron también un método de preexperimento con un diseño de pre test - post test de un grupo. Los resultados de este estudio son que el uso de VCCLab tiene una alta efectividad para remediar los conceptos erróneos de los estudiantes de secundaria sobre el concepto de circuitos eléctricos en paralelo; segundo, que no hay sesgo de género por el uso de VCCLab en el proceso de remediar los conceptos erróneos de la física.

Por otro lado, Imbanchi-Rodríguez *et al.* (2022), realizaron una investigación cuantitativa con estudiantes del nivel medio en Colombia. Su objetivo fue explorar la comprensión de los estudiantes acerca circuitos eléctricos de corriente directa. Los

autores utilizaron la aplicación informática Electric Circuit Studio® combinada con la metodología del Aprendizaje Activo. Sus resultados muestran que los estudiantes que utilizaron la secuencia didáctica “activa” obtuvieron una mayor ganancia en el aprendizaje, además de que el factor de concentración arrojó la información de que estos estudiantes se ubicaban en una zona correspondiente al aprendizaje correcto de acuerdo a Bao-Redish, concluyendo que el AAF en combinación con las TIC, contribuye a un mejor rendimiento académico en el tema de circuitos eléctricos de corriente directa.

En esta misma línea, Guerchi & da Silva (2014) presentaron la elaboración, aplicación y evaluación de una secuencia didáctica que considera los conceptos fundamentales de electricidad, tales como la intensidad de corriente eléctrica, la resistencia eléctrica y la asociación de resistencias en la Educación de Jóvenes y Adultos. La elaboración de la secuencia didáctica y de los instrumentos de recolección de datos fueron estructurados en la Teoría del Aprendizaje Significativo y el Modelo de Cambio Conceptual. Su material didáctico utilizado en la secuencia didáctica fue un Entorno Virtual de Enseñanza, que contiene temas relacionados con circuitos eléctricos simples. Utilizaron una metodología cualitativa y cuantitativa, con el uso de grupos de control (clases tradicionales) y experimental (grupo que utilizó el Entorno Virtual de Enseñanza). Sus resultados, apuntan a una diferencia significativa entre los post test del grupo experimental en relación a los post test del grupo control, evidenciando un aprendizaje significativo por parte del grupo que usó el Entorno Virtual de Enseñanza.

En la línea de evaluación y de errores conceptuales de los estudiantes en circuitos eléctricos de corriente continua, Engelhardt & Beichner (2003), encontraron que el razonamiento de los estudiantes de secundaria y universitarios con respecto a los circuitos

eléctricos resistivos de corriente continua a menudo difiere de las explicaciones aceptadas. Estos autores abrieron una brecha en la evaluación, pues en su momento, no existían tantas pruebas diagnósticas estándar en circuitos eléctricos. Una de ellas es la denominada *The Electric Circuits Concept Evaluation* (ECCE), compuesta por 45 preguntas de opción múltiple, y creada por Sokoloff (1998). Por su parte, Engelhardt & Beichner (2003) desarrollaron dos versiones de un instrumento de diagnóstico, cada una de 29 preguntas. La información proporcionada en su prueba puede proporcionar a los profesores una forma de evaluar los avances y dificultades conceptuales de sus estudiantes. Su análisis indicó que los estudiantes, especialmente las mujeres, tienden a tener múltiples conceptos erróneos, incluso después de la instrucción. Durante las entrevistas, la idea que la batería es una fuente constante de corriente se utilizó con mayor frecuencia para responder a las preguntas. Encontraron que los estudiantes tendían a centrarse más en la corriente al resolver problemas y a confundir los términos, a menudo asignando las propiedades de la corriente al voltaje y/o la resistencia.

Posteriormente, Ding *et al.* (2006), diseñaron la prueba de evaluación *Brief Electricity and Magnetism Assessment* (BEMA), para la enseñanza de temas relacionados con la electricidad y magnetismo cubiertos en los cursos de física introductorios basados en el cálculo de nivel universitario. Para evaluar la confiabilidad y el poder discriminatorio de esta herramienta de evaluación, los autores realizaron pruebas estadísticas que se enfocaron tanto en el índice de dificultad de análisis de ítems, el índice de discriminación de ítems y el coeficiente biserial de puntos de ítems como en la confiabilidad de la prueba completa y el índice de Ferguson delta, encontrando que el BEMA es una herramienta de evaluación confiable.

Baser (2006), investigó los efectos de las simulaciones basadas en las condiciones de cambio y las simulaciones confirmatorias tradicionales sobre la comprensión de los circuitos eléctricos de corriente continua por parte de los maestros de escuelas primarias antes del servicio. Se utilizó software de código abierto para simular circuitos eléctricos. Los resultados mostraron que las simulaciones basadas en cambios conceptuales causaron un mejor aprendizaje significativo de conceptos de electricidad de corriente continua que el generado por las simulaciones confirmatorias.

Manunure *et al.* (2020), realizaron un estudio en 265 secundarias de Zimbabue para comparar los logros en el aprendizaje de los estudiantes en el tema de circuitos eléctricos de corriente continua cuando son expuestos aleatoriamente a diferentes entornos de aprendizajes. Los autores utilizaron una prueba de conceptos erróneos de tres niveles, tanto antes como después de la prueba, y encontraron que existe una diferencia significativa en el nivel de comprensión conceptual del grupo experimental sobre el grupo de control. Los resultados también demostraron que un entorno combinado tuvo un efecto esperado de disminución de la proporción de conceptos erróneos de los estudiantes sobre los circuitos eléctricos más que en el entorno de laboratorio solo, Los autores sugieren de acuerdo a sus conclusiones, que el uso de simulaciones y actividades prácticas en paralelo son una de las mejores formas de enseñar a los estudiantes el tema de circuitos eléctricos de corriente continua, y que las simulaciones por computadora mejoran el aprendizaje de conceptos abstractos en los estudiantes; y por lo tanto, estas deben ser promovidas.

Reza & Esmailpour (2010), investigaron el valor comparativo de realizar un laboratorio de electricidad por medios físicos, virtuales y métodos integrales (combinación de virtual y físico) con respecto a los cambios en la comprensión conceptual

y las habilidades de los estudiantes en circuitos eléctricos de corriente continua. Para esto, utilizaron tareas coordinadas de montaje de un circuito real y la descripción de su funcionamiento, con estudiantes de pregrado, y observaron cambios considerables en el aprendizaje y en las habilidades del grupo virtual en comparación con los otros grupos.

Teixeira *et al.* (2010), investigaron el aprendizaje de los estudiantes que trabajaron con modelado y simulación computacional usando Modellus en el estudio de circuitos eléctricos simples, su marco teórico se basó en la teoría de Ausubel del Aprendizaje Significativo y el Enfoque de modelado esquemático de Halloun. Sus resultados cuantitativos muestran que hubo diferencias estadísticamente significativas en el desempeño de los estudiantes que trabajaron con las actividades computacionales (grupo experimental), en comparación con el grupo control de instrucción tradicional. Los resultados cualitativos coinciden con los cualitativos sobre el efecto de las simulaciones en el aprendizaje de los estudiantes, así como su interacción entre ellos y con el profesor durante las actividades computacionales.

Tamrongkunan & Tanitteerapan (2021), investigaron el desarrollo de habilidades de aprendizaje y la comprensión de estudiantes de ingeniería eléctrica mediante simulaciones interactivas PhET con circuitos eléctricos en serie, paralelo y serie-paralelo. Sus resultados muestran que los estudiantes que estudian mediante el uso de un modelo interactivo virtual sobre las propiedades de los circuitos en serie, en paralelo y en serie-paralelo, reciben una retroalimentación positiva sobre la construcción de circuitos de corriente continua y muestran el resultado a los estudiantes sobre el flujo de corriente y el valor del voltaje virtual, y se logra que los estudiantes entiendan más las

propiedades de los circuitos que aquellos que realizan prácticas sin simulaciones interactivas.

Masruroh *et al.* (2020), investigaron la influencia en el aprendizaje al usar simulaciones interactivas PhET en línea con estudiantes de secundaria en Indonesia, específicamente en el tema de circuitos eléctricos de corriente continua. Su estudio descriptivo cuantitativo ilustra cómo se utilizan los medios de simulación PhET en el aprendizaje de temas de electricidad. Los resultados mostraron que el 80% de los estudiantes obtuvieron por encima de 75 con un promedio de 85.4 y que el 91% de los estudiantes respondieron positivamente al uso de esta aplicación.

Ajredini *et al.* (2019), por su parte, investigaron las ventajas y desventajas de usar experimentos reales y virtuales para desarrollar el conocimiento y las habilidades de los estudiantes de bachillerato en Macedonia. Dividieron a los estudiantes en tres grupos: Real, Virtual y Tradicional. En las clases del grupo Real se aplicaron experimentos reales, en las clases del grupo Virtual se aplicaron experimentos virtuales y en el grupo Tradicional se aplicó la enseñanza directa tradicional. La tarea de los estudiantes fue investigar cómo las diversas formas de conectar resistencias eléctricas influyen en el trabajo del circuito eléctrico. La investigación muestra que cada uno de los enfoques da una contribución diferente al conocimiento y la comprensión de los procesos y conceptos de la enseñanza. Los experimentos reales contribuyen a las habilidades relacionadas con la cooperación y el trabajo en equipo, así como a una mejor comprensión de los fenómenos. Por otro lado, las simulaciones interactivas PhET dan oportunidad a los estudiantes de pasar más tiempo pensando en los resultados, fenómenos y relaciones.

Yuliati *et al.* (2018), exploraron las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes a través del aprendizaje basado en la indagación con simulaciones PhET, centrado en el tema de la electricidad de corriente continua. La investigación utilizó un enfoque de método mixto con un modelo experimental incorporado con 34 futuros profesores de física en Indonesia. Los datos se obtuvieron mediante preguntas abiertas. Los datos se recopilaban mediante pruebas y entrevistas sobre el aprendizaje basado en la indagación con simulaciones PhET. El análisis de datos se realizó mediante el uso de la prueba y la rúbrica de Kruskal Wallis para las habilidades de resolución de problemas de física. Las habilidades de resolución de problemas se clasificaron en enfoque científico, manera estructurada y manera no estructurada, enfoque basado en la memoria, y ningún enfoque claro. La investigación mostró que hay muchos estudiantes que resuelven problemas utilizando métodos no estructurados, un enfoque basado en la memoria y sin un enfoque claro, lo que luego influye en las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes. Los estudiantes que aplicaron un enfoque científico mostraron tener mejores habilidades para resolver problemas que los estudiantes que utilizaron los otros enfoques. Por lo tanto, las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes están influenciadas por el tipo de enfoque utilizado para resolver el problema.

Wieman *et al.* (2010), el creador del proyecto PhET en la Universidad de Boulder Colorado, junto con sus colaboradores, presentan diversas simulaciones interactivas para física y otras disciplinas. Aclaran que son actividades de consulta en grupos pequeños, para realizar tareas y experimentos de laboratorio en la escuela secundaria. También, muestran algunas formas de usar PhET en la docencia, basados en la investigación y en su experiencia docente. Las estrategias para crear actividades basadas en la

investigación², y que están disponibles libremente al público en el sitio web del proyecto PhET, son las siguientes: 1) Los profesores pueden utilizar PhET para definir objetivos de aprendizaje específicos, de acuerdo a la temática a estudiar; 2) las animaciones PhET ayudan a los estudiantes a utilizar su sentido común y razonar; 3) El usar simulaciones interactivas educativas permiten a los estudiantes conectarse y construir su conocimiento y comprensión y ayudar a superar el nivel previo sobre posibles errores conceptuales; 4) modelar situaciones reales de fenómenos físicos y poder dar significado y una correcta interpretación a los modelos matemáticos; 5) invitar a establecer el trabajo colaborativo entre los estudiantes como medio de construcción del conocimiento; 6) no restringir demasiado la libertad de acción de los estudiantes en su manipulación; 7) proveer representaciones múltiples para fomentar el razonamiento y dar significado mediante modelos de representación; y finalmente 8) ayudar a los estudiantes monitorear su comprensión. Los simuladores PhET pueden ayudar a introducir un nuevo tema, construir conceptos o habilidades, reforzar ideas y proporcionar una revisión final y reflexión.

Alatas *et al.* (2018), utilizaron un laboratorio virtual PhET basado en aprendizaje guiado por descubrimiento en donde los estudiantes construyeron su propio conocimiento, contextual e interactivo. Los resultados de su estudio mostraron un impacto positivo del coeficiente intelectual medio y alto y mostraron un efecto significativo del laboratorio virtual PhET en el modelo de aprendizaje por descubrimiento guiado en el grupo experimental.

Banda & Nzabahimana (2021), realizaron una revisión exhaustiva de 31 estudios de investigación cuasi o experimentales de la última década sobre el efecto de las

² http://phet.colorado.edu/teacher_ideas/contribution-guidelines.php

simulaciones PhET en la comprensión conceptual de la física por parte de los estudiantes. Dos preguntas guiaron su revisión: ¿En qué medida las simulaciones de PhET mejoran la comprensión conceptual de los estudiantes de física? y ¿Cuáles son las mejores formas de usar simulaciones PhET para mejorar la comprensión conceptual de la física? Encontraron que la literatura revisada proporciona evidencia sólida de que las simulaciones PhET pueden mejorar significativamente la comprensión conceptual de la física de los estudiantes y pueden integrarse en muchos entornos de instrucción de Aprendizaje Activo. Los autores también señalan lagunas y direcciones de investigación futura y sugiere que los educadores integren simulaciones interactivas PhET en física para crear un Aprendizaje más Significativo.

López-Tavares *et al.* (2021), señalan que una idea central detrás de las simulaciones educativas interactivas, es que el aprendizaje y la experiencia de los estudiantes se forma a través de sus interacciones con la simulación. La interacción del estudiante y el compromiso con las simulaciones interactivas está influenciado por las estrategias de instrucción utilizadas en las lecciones basadas en simulaciones interactivas. Podolefsky *et al.* (2014) mencionan que las simulaciones interactivas son de gran ayuda para que los estudiantes logren entender diversos conceptos, pero también ayudan a relacionarlos con su modelo matemático, esto es, su correspondiente ecuación. Esto sucede ya que en las simulaciones interactivas los estudiantes pueden manipular libremente las variables independientes del fenómeno, y por consiguiente se puede apreciar el cambio simultáneo en las variables dependientes. Precisamente, en esto estriba la riqueza de las simulaciones computacionales, i.e., en la manipulación de las variables y en la modelación de fenómenos naturales, que pueden ser llevados a situaciones extremas, sin peligro alguno. Esto se puede ilustrar al modelar cuerpos celestes sometidos

a grandes temperaturas, o al manejar grandes corrientes eléctricas o elevadas diferencias de potencial, que en experimentos reales podrían llevar a poner en riesgo la integridad física de los estudiantes. Además, que las simulaciones interactivas educativas conllevan un gran ahorro en lo relacionado a estructurar laboratorios de física, pues ayudan a reducir los costos, que de otra forma serían inaccesibles a las escuelas públicas.

Esquembre (2004) también enseña que al utilizar herramientas computacionales tales como las simulaciones interactivas educativas, podemos influir grandemente en el aprendizaje de los estudiantes, ya que las simulaciones tienen una gran riqueza visual. Asimismo, una gran ventaja al utilizar simulaciones en las clases de física es que podemos simular fenómenos en situaciones límite, lo cual sería imposible mediante experimentos reales. Mediante simulaciones podemos cocinar galaxias sin necesidad de calor extremo, o podemos explorar el cero absoluto, ir más del rango real o cotidiano resulta interesante y desafiante para los estudiantes.

Alejandro (2004), comenta acertadamente sobre el gran impacto de la ciencia y la tecnología en la cultura, incluso señala que se puede hablar de una revolución, la cual puede ser apreciada debido al gran desarrollo tecnológico y su aplicación a la educación. También, refiere que las habilidades experimentales de los estudiantes, tales como la captura y manipulación de datos, así como destrezas cognitivas básicas, se pueden desarrollar mediante la implementación de prácticas de Física en el laboratorio, además de relacionarlos con modelos matemáticos, lo cual conduce a la mejor comprensión de conceptos físicos fundamentales, así como a potenciar la observación directa en los experimentos de física, además de ayudar a diferenciar entre deducciones derivadas de la teoría, las cuales finalmente se pueden comprobar experimentalmente. Así como, a seguir

y apropiarse del proceso cognitivo acerca de: Observar el fenómeno - Obtener de datos experimentales – Análisis los resultados – Sacar sus propias conclusiones.

Finalmente, Alejandro y Perdomo (2005), desarrollaron una serie de prácticas de física mediante applets, donde en la gran mayoría de las prácticas de laboratorio que estructuraron, se muestran situaciones restringidas y de enunciado abierto, por lo general de naturaleza cualitativa, de forma tal que el estudiante no recibe toda la información detallada, esto es, no se le proporcionan las instrucciones totalmente detalladamente para hacer la práctica. Los autores obtuvieron que mediante este recurso de las prácticas de laboratorio con simulaciones computacionales, los estudiantes mejoraron su aprendizaje de conceptos físicos, también presentaron actitudes críticas y positivas, además de que al utilizar el aprendizaje por indagación pudieron aprender la metodología de investigación de la ciencia, y tener una mejor interpretación de su entorno físico al construir modelos matemáticos o computacionales que les ayudan a dar sentido y significado al mundo.

1.7 Limitaciones

Entre las diferentes limitaciones que encontramos al realizar nuestra investigación, se han identificado las siguientes:

1) Los tiempos reducidos de clases. El semestre escolar consta de aproximadamente 16 semanas efectivas de clases. Usualmente la asignatura de Física III, en donde se estudian los temas de electricidad, se imparten 13 clases en total con 3 sesiones de exámenes parciales. Por semana se tiene asignado un tiempo de 5 horas, dividido en 3 horas de teoría

y 2 de laboratorio. Al tratar de implementar las CDIS, nos encontramos que ajustarnos a la hora y media de clase, para realizar todas las actividades de aprendizaje grupal con las simulaciones, presenta complicaciones operativas.

2) Equipamiento y espacio insuficiente. Los laboratorios del CECyT 11 están diseñados y equipados para las prácticas tradicionales de física, con mesas de trabajo equipadas con agua, gas y electricidad. No cuentan con equipo de cómputo en las mesas de trabajo. Inicialmente se pensó en utilizar este espacio, por ser más amplio y por tener mesas de trabajo a diferencia de los mesa bancos individuales del aula de clases. Sin embargo, al realizar las CDIS en el aula de clases no se contaron con los contactos eléctricos suficientes para que los estudiantes conectaran sus laptops o sus tablets, incluso algunos se conectaron al sitio web de PhET a través de sus teléfonos inteligentes. Alrededor del 80% de los estudiantes tienen laptops o tablets para que puedan utilizar en el aula de clases o en el laboratorio.

3) Problemas de conectividad al internet institucional. Se trabajó usualmente mediante conexión a internet por wifi. Sin embargo, la señal de internet en el aula de clases era débil e intermitente, siendo mejor la señal en el laboratorio por encontrarse más cerca del modem y tener menos obstáculos de las paredes del edificio. El ancho de banda del internet de la escuela no es muy grande. Una de las ventajas de PhET es que se pueden descargar las simulaciones interactivas.

4) La pandemia del COVID-19 afectó dramáticamente los tiempos de clases de todas las asignaturas del bachillerato. Aunque se realizó una recalendarización de cursos y el semestre se amplió más de un mes. Los profesores de física tuvieron gran afectación en

sus cursos, pues prácticamente se suspendieron los laboratorios de física. Muy pocos profesores buscaron recursos en internet para realizar simulaciones. Las clases se impartieron principalmente por Zoom y Webex. Por políticas institucionales se dejó de tomar asistencia a los cursos regulares. Los exámenes se realizaron en plataformas como Moodle y Canvas. La carga de trabajo tanto de los profesores como de los estudiantes aumentó drásticamente durante la pandemia, y las asignaturas de física obtuvieron muy bajos rendimientos. Tratamos de implementar las CDIS a distancia, pero tuvimos demasiados problemas para trabajar en equipos, pues al dividir a los estudiantes en pequeñas aulas virtuales, perdíamos el control, pues solo podíamos estar en una sala a la vez. Incluso al contestar los test de control, teníamos la problemática de que varios estudiantes no enviaban su cuestionario respondido, y no teníamos certeza de que no realizaran copia al poder consultar tanto sus apuntes como el libro de texto, o de estar en comunicación con sus demás compañeros vía algún servicio de chat. La mejor forma de controlar estas situaciones, fue hasta enero de 2022 en donde se retornó a la presencialidad.

5) La falta de capacitación y familiarización de los profesores de la Academia de Física fue otro obstáculo. Sin embargo, en este aspecto, fue relativamente fácil capacitar a los profesores para que se familiarizaran con el sitio web de PhET, para que pudieran manipular la consola con el fin de construir simulaciones de circuitos eléctricos para que las usen en sus clases.

6) Cabe señalar que los profesores de mayor edad, fueron los menos interesados en utilizar las simulaciones, ya que están acostumbrados a dar la clase de física mediante sus apuntes, los cuales tienen muchos años de estarlos utilizando (uno de los profesores tiene

47 años de antigüedad). Es de resaltar que la resistencia al cambio, es uno de los rasgos de la educación tradicional. Las clases rígidas, totalmente desarrolladas por el profesor, sin buscar recursos que ayuden a innovar su clase, los estudiantes como público receptor en un ambiente pasivo.

6) La actitud negativa de algunos estudiantes tanto en tiempo de pandemia como en la post pandemia, ya que algunos no se adaptaron a la educación a distancia, y otros fue contrario, ya se habían acostumbrado a las clases virtuales y ahora les cuesta trabajo regresar a clases presenciales. Entre las actitudes negativas que llegamos a identificar, tenemos la negativa a trabajar efectivamente en equipo. En el caso de la instrucción por Zoom, no nos era posible controlar adecuadamente esta situación, al no poder vigilar todo el tiempo a los integrantes de los equipos. En los equipos presenciales a pesar de que fomentamos que se rolen las asignaciones del equipo, tales como i) el secretario, ii) el portavoz del equipo, iii) el que muestra la simulación, iv) el moderador del tiempo, pudimos identificar a algunos estudiantes con una actitud apática, de forma tal que simulaban participar. Por otro lado, cuando se aplicó el pre test, varios estudiantes contestaron solo por contestar, si razonar las preguntas, y durante la pandemia, llegaban a contestar el pre test de forma incompleta.

8) El ambiente académico – político inestable, contribuyendo al deterioro del proceso de enseñanza y aprendizaje. El actual rector del IPN fue designado por el presidente de la República durante el tiempo de la pandemia, en el 2020, y desafortunadamente ha enfrentado muchas protestas tanto de profesores como de estudiantes, ocasionando el cierre de 14 de las 50 escuelas de la institución.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 EL APRENDIZAJE ACTIVO

2.1.1 Aspectos históricos del Aprendizaje Significativo

El AA ha sido utilizado en la enseñanza desde hace muchos años, sin embargo, es difícil definir una fecha exacta en dónde haya surgido esta metodología. Buscar en el tiempo dónde fue que surgió el AA es una tarea interesante la cual puede ayudarnos a identificar acciones útiles que pueden contribuir a mejorar la enseñanza.

Una referencia visual sobre cómo aprenden los estudiantes, se atribuye al psiquiatra norteamericano William Glasser, el cual estudió el comportamiento humano y su conexión con la educación. En la figura 2.1 mostramos la pirámide del aprendizaje.

Un resultado interesante es que la sobreestimulación (Benítez, 2012), influye positivamente en el aprendizaje y por esa razón es importante incorporar en la metodología actividades que afecten al estudiante en su interés, deseo, motivación y compromiso de aprender. Existe una relación directamente proporcional entre el rol del participante y la capacidad de retención del conocimiento, el cual está relacionado con las siguientes actividades a realizar en el aula de clases: Exposiciones, lecturas, observar materiales didácticos, demostraciones, discusiones grupales, realizar actividades prácticas y finalmente enseñar a otros (algo similar a la metodología de Instrucción por Pares). Así, dependiendo del tipo de actividades que se seleccionen para realizar con los estudiantes, se llega a los enfoques tradicionales de enseñanza o a los escenarios de las metodologías activas.

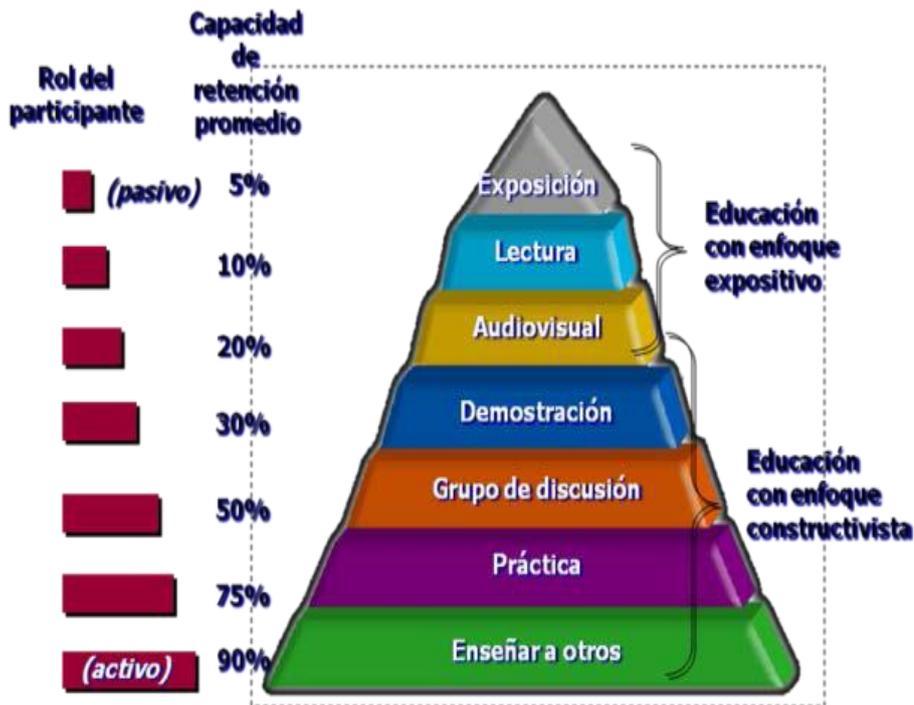


Figura 2.1 Pirámide del aprendizaje, atribuida a Glasser. El aprendizaje es mínimo cuando se realiza de forma pasiva, y es máximo cuando se realizan actividades “activas”, incluso el enseñar a pares. Fuente: (Benítez, 2012).

Aunque parezca lógica la correspondencia del rol del estudiante y su capacidad de retención promedio con el tipo de educación que reciba, ya sea con un enfoque expositivo o con un enfoque constructivista, no hay resultados contundentes que demuestren que los porcentajes señalados en la Figura 1, sean ciertos. Precisamente, la investigación tal como la desarrollada en esta tesis, es lo que busca aportar a la disciplina, i.e., datos fiables, verificados científicamente, y reproducibles en diferentes contextos, para poder asegurar que las clases en donde los estudiantes reciban solo la exposición magistral del profesor, lograrán retener solo un 5% del conocimiento, mientras que aquellos estudiantes que enseñen a otros estudiantes lograrán hasta un mayor porcentaje de retención del conocimiento. Lo cual es necesario investigar y respaldar con evidencia sólida de investigación. Por consiguiente, propuestas como la mostrada en la Fig. 1, no deben de ser tomadas literalmente como verdades académicas para respaldar el AA, aunque sean

mostrados reiteradamente en diversos blogs, u otros sitios de la Internet, en donde, desafortunadamente, las referencias de respaldo, no son presentadas.

El surgimiento del Aprendizaje Activo se produce en siglo XX con el surgimiento de las teorías constructivistas del conocimiento en donde el estudiante es el agente central de la construcción de su propio conocimiento (della Chiesa, 2009). Más particularmente, el término Aprendizaje Activo se atribuye al físico nuclear inglés Reginald Revans (1907–2003), profesor de ciencia, administrador educativo y uno de los primeros profesores de gestión (Revans, 1982).

Una de las primeras motivaciones de Revans, para estudiar ciencias fue la investigación que realizó su padre sobre el hundimiento del Titanic (Pedler, 2016), un trágico problema de su entorno social. En la propuesta Revans, el AA no se presenta como un modelo de cambio organizacional sino como una práctica para generar cambios deseados incluso en uno mismo. Lo que enseñó es que el cambio y el aprendizaje deben practicarse y no pueden aprenderse de segunda mano, esto en plena concordancia con la máxima que motiva a las metodologías modernas activas *Hand son, minds on*. Por otro lado, al colocar el aprendizaje en el centro de sus ideas, Revans cuestiona la previsibilidad y la linealidad de los modelos de cambio que siguen la perspectiva de descongelamiento, movimiento y recongelamiento de Lewin (1946). Rechaza como ilusorios los muchos modelos y recetas que proponen que el cambio se puede gestionar con éxito de esta manera o de aquella, sea cual sea el contexto. El cambio es una condición inevitable y natural de la organización humana.

Revans (2011), también señala que las condiciones previas esenciales para que se pueda dar el aprendizaje son la honestidad con uno mismo y el admitir la ignorancia propia, además de que el AA no es para la resolución de acertijos, o para resolver problemas “modelo” tipo libro de texto, en donde hay poco margen para la creatividad y más para una receta, sino más bien el AA es para problemas creativos que ofrecen varias oportunidades y no una sola forma de solución. Precisamente, esta es la propuesta de la educación tradicional, enseñar al estudiante cómo debe proceder ante un problema, es decir, darle una receta ocasionando que se produzca poco aprendizaje nuevo. Justamente, en el AA, no se dan recetas, sino que el punto de partida es reconocer el punto de inicio, que no está resuelto y que se desconoce cómo proceder para la solución. Para poder resolver los problemas cotidianos, ya sean pequeños o que impliquen grandes desafíos, lo primero que se debe hacer es ser honestos y reconocer la ignorancia y que no se sabe la solución. Revans postulaba que el AA es para precisamente para nuevas situaciones en donde no hay una única respuesta correcta. Uno de los grandes problemas en tales situaciones es actuar sobre la base de pensar que sabemos qué hacer. No se debe actuar con la seguridad de que alguno ya conoce lo que se debe hacer, sino más bien trabajar en equipo, esto es, partir de un proceso de consulta.

Otro punto interesante en la propuesta de Revans sobre el AA, es que se deben de correr riesgos al resolver los problemas, pues precisamente al partir de que desconocemos la respuesta o el camino seguro para resolver un problema, entonces es seguro que podremos equivocarnos, y esto debe suceder para llegar a producir nuevos aprendizajes. Curiosamente, en esta perspectiva el error puede llevar a aprendizajes significativos (Pedler, 2016), pero es importante señalarlo, el equivocarse y el rectificar la postura errónea, son consecuencia del diálogo entre compañeros, de auto cuestionarse y

cuestionar al otro, de saber hacer preguntas sencillas que ayuden a la solución del problema.

Por consiguiente, uno de los componentes claves del AA es el conjunto de trabajo, esto es, el equipo de pares, el grupo de estudiantes que deliberan sobre el conocimiento, sobre el problema mismo, y acerca de la forma en cómo se debe abordarlo, cómo desmenuzarlo en otros problemas más pequeños, o cómo replantearlo para su mejor comprensión. La estrategia de los equipos o conjuntos de solución debe de ser libremente, esto es, integrantes voluntarios que se juntan para tratar cuestiones difíciles, las cuales serán totalmente cuestionadas, y en donde todos los integrantes deben saber escuchar, respetando las ideas de los demás, a pesar de que su postura sea totalmente opuesta. La colaboración de los integrantes del equipo debe ser solidaria, de camaradería total incluso cuando el compañero esté errado, y en este caso ayudarlo a corregir el error, desafiando y explorando alternativas para la acción y reflexionar conjuntamente sobre el aprendizaje que están adquiriendo al seguir las acciones que finalmente decidan. La generación del conocimiento mediante esta colaboración concertada en forma responsables nos ayuda a confiar en nuestros propios juicios y a no poner nuestro destino en las decisiones de otros.

Esto nos lleva a otro componente importante del AA, el cual es el profesor, cuyo rol pasa a ser más bien el de un facilitador, y su función es un tanto ambigua para generar nuevos aprendizajes, ya que en el AA se busca el autodesarrollo, y se alienta a las personas a actuar sobre sus propios desafíos, por consiguiente, no hay una autoridad máxima o experto en este contexto activo, ya que los estudiantes deben de ser independientes y autónomos en generar su propio conocimiento. Por tanto, más allá de solo resolver problemas de libros de texto, el profesor–facilitador debe ayudar a los estudiantes para

que asuman su responsabilidad personal en los problemas de la vida real. Es pues importante, reconocer que en el AA el papel central corresponde al estudiante activo y no al profesor-facilitador, el cual finalmente es prescindible.

Pedler (2016), aclara que el término de AA no surgió como tal en la educación, sino más bien en otras disciplinas como Innovación en el Desarrollo, Desarrollo Organizacional, gestión y capacitación gerencial, también en la administración recursos humanos, esto en las décadas de los sesentas y setentas. Posteriormente, el término de *Action Learning* (AA) fue adoptado más en la enseñanza de las ciencias, y en particular de la física (Sokoloff & Thornton, 1997).

Un punto interesante es que el término de AA, al no ser reducido a una definición única, dio origen a otros términos que en el ámbito de la administración y de los negocios fueron bien acogidos, como son los siguientes (Pedler, 2016):

- Aprendizaje de Acción Virtual [VAL].
- Aprendizaje de Acción Crítica (CAL).
- Los Problemas Críticos del Liderazgo.
- Desaprender.
- La paradoja de la innovación.

Posteriormente, se desarrollaron estrategias pedagógicas en AA y se gestaron diversas propuestas como la de White & Gunstone (1992), conocida como POE (Predecir, Observar y Explicar), con el fin de descubrir las predicciones individuales de los estudiantes, y sus razones para hacerlas, sobre un evento específico. Esta propuesta dio lugar a la de Sokoloff & Thorton (1997) sobre el ciclo PODS (Predecir, Observar, Discutir, Sintetizar), la cual será tratada con más detalle en el capítulo 3 sobre la metodología de las CDI.

La evolución que ha seguido el AA en la Educación en Ciencias, en la actualidad se ha adecuado al avance de la tecnología, y ahora tiene al fuerte componente tecnológico. Sin embargo, conserva el espíritu impreso por Revans, de considerar al estudiante como el agente de su propio conocimiento, evitar recetas y el trabajo individual para resolver problemas, y procurar que estos sean reales. Más aún, el AA viene a ser refrendado en los nuevos modelos educativos, tales como el STEAM.

2.1.2 Definiendo el Aprendizaje Activo

Si bien antes de la década de los ochenta se utilizaba el término de AA, Revans uno de sus máximos exponentes y promotores, no era partidario de dar una definición acabada del AA, Bonwell & Eison (1991) confirman esta misma idea, pues cuando los educadores hablan de AA tienen una idea intuitiva más que una definición común, ya que para enseñar algún tema hay que hacer “algo”, ya sea dictar una clase, realizar una práctica de laboratorio, resolver un problema en la pizarra, realizar una actividad en equipo, etc. Sin embargo, esta no es la idea que subyace en el término del AA, pues precisamente en la década de los ochenta, al menos en los Estados Unidos de Norteamérica se dio un impulso

muy notorio a cambiar el enfoque de la educación en el estudiante como centro del proceso de enseñanza y aprendizaje (Chickering & Gamson, 1987). No basta solo con que los estudiantes escuchen la lección, se sugiere que lean, discutan, escriban sus ideas y argumentos, que realmente se involucren en la resolución de problemas. Esto lleva a un proceso más profundo, a realizar tareas del pensamiento más elaboradas como es analizar, sintetizar y evaluar. Por consiguiente, la conclusión es que las estrategias de AA son definidas como actividades de enseñanza en donde los estudiantes están involucrados en hacer cosas y pensar sobre lo que están haciendo.

Las actividades relacionadas con el AA han sido estudiadas ampliamente y se han encontrado resultados alentadores en lo relacionado a la motivación de los estudiantes, sobre su compromiso en aprender y además en un mejor rendimiento académico (Bonwell & Eison, 1991). El proceso del aprendizaje se da, tanto pasiva como activamente, esto es, cuando el estudiante desempeña el papel de receptor del conocimiento, de forma tal que no participa tanto en el proceso de aprendizaje, lo ideal es que el aprendizaje sea activamente, para ello se sugieren las siguientes estrategias en el aula de clases:

- Que los estudiantes no solo escuchen, sino que se les involucre en alguna otra actividad diferente para cambiar su actitud pasiva.
- Evitar solo el transmitir información, más bien buscar desarrollar las habilidades de los estudiantes mediante el trabajo colaborativo.
- Involucrar a los estudiantes en actividades específicas para desarrollar sus habilidades del pensamiento de orden superior, tales como analizar, sintetizar, evaluar, etc.

- Comprometer a los estudiantes en diversas actividades, tales como leer, escribir, discutir, etc.
- Enfatizar más la posición de los estudiantes en la exploración de sus propias actitudes y valores.

Considerando estas sugerencias, Bonwell & Eison (1991), definen el AA como “cualquier cosa que involucra a los estudiantes en hacer cosas y pensar en las cosas que están haciendo”.

Sobre la frecuencia de hacer actividades de AA en el aula, tenemos que Sokoloff (2006), recomienda hacer una sesión semanal de AA, y las demás sesiones utilizando la enseñanza tradicional mediante las clases magistrales, aunque ya se sabe que en cierta forma las clases tradicionales restringen el aprendizaje. Bonwell & Eison (1991) comentan que el método preferido de instrucción en los colegios y en la universidad, son las clases magistrales dictadas por los profesores y difícilmente vamos a cambiar esa inercia educacional, pero si es posible combinarla con el AA. Además, de tratar de modificar, aunque sea un poco la clase tradicional, para ello siguiendo a Chism *et al.* (1989), se tiene que una clase entusiasta puede:

- Comunicar el interés intrínseco del tema de manera diferente a cualquier otro medio. El impacto de una clase magistral puede influir grandemente en los estudiantes, pero debe ir más allá a solo ser una sesión informativa.
- Proporcionar a los estudiantes un modelo académico reflexivo a seguir. En este punto, no se busca dar una receta de cocina para resolver problemas, sino ayudar

a los estudiantes a adoptar una forma eficiente de pensar y de abordar los problemas y buscar las soluciones.

- Describir el tema que de otro modo no estaría disponible, como investigación original o desarrollos actuales aún no publicados en los libros de texto tradicionales. Esto se atañe más a la Enseñanza de las Ciencias, en donde hay una clara diferencia entre el conocimiento escolar y el conocimiento formal de la disciplina.
- Organizar el material de manera que satisfaga las necesidades particulares de una audiencia dada, ya que no todos los grupos son iguales, pues influyen diferentes factores, entre ellos tenemos los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes, sus habilidades cognitivas, su entorno socio cultural, por consiguiente, debemos evitar tener unas notas de clase perpetuas para dictar la clase. Además de que hay estudiantes que prefieren las clases tradicionales, pues les son agradables y se han acostumbrado a esa forma de aprender.
- Entregar eficientemente grandes cantidades de información solo si se cumplen ciertas condiciones, para ello es recomendable tener bancos de recursos de referencias adicionales o complementarios para la clase.
- También el hacer pausas en la clase tradicional resulta muy productivo, esto es, se puede interrumpir la clase para hacer por ejemplo un debate, o una actividad grupal, o utilizar algún recurso tecnológico, un juego por internet, un fragmento de un video, etc.

2.1.3 La evaluación en el Aprendizaje Activo

El AA no debe ser evaluado de manera tradicional, esto es, mediante un examen escrito al final del curso. Más bien, se debe buscar una forma “activa” de evaluar y tener presente la definición de AA “cualquier cosa que involucra a los estudiantes en hacer cosas y pensar en las cosas que están haciendo” (Bonwell & Eison, 1991), entonces los cuestionarios y pruebas breves calificarían como método de AA. En este sentido, Sokoloff (2006) recomienda modificar las clases tradicionales para aumentar el aprendizaje de los estudiantes, utilizando la realización de un examen de dominio del tema recién estudiado.

Kline (1998), señala el gran problema en la evaluación de las matemáticas, y comenta el resultado de investigación sobre la “curva de olvido” de las matemáticas, menciona cómo es necesario enseñar hasta seis veces consecutivas un mismo tema para que el estudiante finalmente logre entenderlo plenamente y no lo olvide. De la misma forma, Bonwell & Eison (1991) hacen referencia al mismo tema de la curva del olvido de los estudiantes pero para el material de lectura, encontrando que inmediatamente el estudiante promedio recordaba el 62 por ciento de la información presentada, y después de tres o cuatro días ese recuerdo se reducía a aproximadamente el 45 por ciento, y luego de ocho semanas se redujo a sólo el 24 por ciento. Pero, si se les pide a los estudiantes que realicen un examen inmediatamente después de la clase, se ha obtenido que, aún después de ocho semanas pueden retener casi el doble de información, tanto fáctica como conceptual (Menges 1988). Por consiguiente, con base a estos resultados, se sugiere utilizar cuestionarios cortos y exámenes de una hora, ya que son instrumentos que pueden influir grandemente, sobre lo que estudian los estudiantes y sobre cómo aprenden.

En la introducción de la tesis comentamos acerca de la peligrosa cultura de la evaluación para aprobar exámenes. Tenemos que, cuando se calendariza un examen final, los estudiantes se programan para estudiar justo para esa fecha, y su objetivo principal es aprobar el examen, no tanto aprender. En esta perspectiva, los exámenes parciales y los finales, se consideran como un aspecto desagradable del proceso de enseñanza y aprendizaje, son vistos como una distracción del curso o un requisito tortuoso que tiene poco o nada que aportar a la enseñanza de la asignatura, además de ser solo un mecanismo para dar una calificación, una nota evaluativa y se desconocen los procesos no valorativos involucrados en el examen o prueba.

Sin embargo, en la línea del AA, en donde se buscan estrategias “activas” que promuevan en el aula nuevas formas de aprendizaje, los exámenes proporcionan una forma bastante directa de “involucrar a los estudiantes en hacer algo y hacer que piensen en lo que están haciendo”. Por tanto, la recomendación es usar los instrumentos de evaluación como parte cotidiana de las actividades de los estudiantes, en donde ellos mismos puedan seguir aprendiendo.

2.1.4 Descripción de las metodologías activas de enseñanza

En esta subsección abordaremos algunos de los rasgos principales que caracterizan a las metodologías activas de enseñanza, y cómo se puede transformar la clase tradicional en un escenario donde se provean de aprendizajes significativos mediante la implementación del AA. La clase tradicional se caracteriza por su rigidez y monotonía para transmitir el conocimiento, siendo el estudiante un receptor pasivo y el profesor un expositor activo,

el cual dicta la clase de forma inalterada conforme pasan los años, realizando las mismas actividades, dictados de definiciones, ya sean problemas clásicos de libro de texto, desarrollos matemáticos o demostraciones escritas en la pizarra, reproduciendo su propio conocimiento en espera de que al hacerlo de la forma más clara y lógica posible, los estudiantes también aprenderán lo que él ya conoce.

Procederemos entonces mencionando algunas actividades activas que al ser incorporadas en la clase tradicional le añaden un componente activo. Para terminar, mencionando algunas de las metodologías activas más exitosas en la enseñanza de la física.

- **Predicciones:** El realizar predicciones en la clase es un ejercicio cognitivo muy productivo y por ello recomendado por los logros que se pueden obtener, ya que cuando el profesor plantea al grupo una situación, problema o ejercicio en donde se pide que imaginen lo que sucederá, o la posible solución, sucede que si al verificar la respuesta, el estudiante tenía una predicción incorrecta, entonces tiene que replantearse él mismo la forma en que concluyó o resolvió el problema (Sokoloff, 2006). Esta recapitulación y reconsideración para comprender por qué su respuesta fue errónea le ayuda a construir el conocimiento correcto. Otro aspecto interesante de esta actividad, es que se puede hacer la predicción en equipo, y antes de llegar a la conclusión, los integrantes del mismo deben deliberar sobre los argumentos a presentar y en ese intercambio de ideas puede ocurrir que se corrijan errores conceptuales o incluso que se refuercen, pero al presentar su predicción al grupo deberán argumentar su conclusión. Este tipo de ejercicios puede ser combinado con los debates. Y en el caso de las ciencias es importante el formar modelos mentales (White & Gunstone, 1992), lo cual lleva a

fundamentar las predicciones y mediante la discusión grupal afirmar o corregir el conocimiento.

- **Observaciones:** La observación es una acción muy importante del método científico y de la misma forma en la enseñanza activa para propiciar la investigación tanto en profesores como en estudiantes. Matos & Pasek (2008) en un estudio que realizaron con profesores de Educación Básica encontraron que la observación es un recurso poco utilizado en el aula de clase, y concluyeron que los docentes deben de asumir el papel de investigadores tal como recomienda Sokoloff (2006) para implementar más sistemáticamente la observación en sus clases de física y obtener mejores resultados.
- **Demostraciones:** El realizar demostraciones durante la clase, especialmente al enseñar ciencias, es un recurso muy valioso y adecuado debido a la naturaleza de las asignaturas que se enseñan, i.e., la física, la química, la biología, las cuales son ciencias experimentales, y la demostración es parte de su misma naturaleza, por consiguiente al realizar demostraciones bien planeadas, con actividades innovadoras que reflejen su aplicación en el mundo real, puede estimular la curiosidad de los estudiantes y mejorar su comprensión de los temas científicos, además de que facilita su comprensión conceptual. Las demostraciones son más enriquecedoras cuando no solo las realiza el profesor, si los estudiantes son involucrados en participar durante el proceso de investigación de la demostración a través de preguntas especialmente diseñadas para que apliquen el método deductivo inductivo, se sentirán más “enganchados” con la metodología científica y estarán aprendiendo tal como trabaja y aprende un científico, incluso sus

actitudes acerca de la ciencia cambiarán. La percepción de dificultad de las “ciencias duras” cambiará, e incluso los estudiantes se sentirán motivados a hacer experimentación y demostraciones por su cuenta (Shakhashiri, 1984).

Ferreira & Rodríguez (2011) han investigado cuál es el efecto de las Actividades Experimentales Demostrativas (AED) como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en estudiantes universitarios, obteniendo que las AED mejoran el aprendizaje. También Okpala & Onocha (1988) encontraron que los estudiantes que participan activamente en experimentos de laboratorio diseñados para ilustrar principios específicos de la física tenía menos dificultades para aprender esos principios que los estudiantes que simplemente vieron una demostración similar que ilustraba el principio dado durante una clase. Por consiguiente, la experimentación es de gran ayuda para el aprendizaje de la física.

- **Discusión:** El analizar y comparar resultados de una investigación en el aula de clases, es una actividad potenciadora del proceso de enseñanza y aprendizaje, pues permite deliberar sobre argumentos que pueden ser correctos o incorrectos y que llevarán a tomar una postura y defenderla. Sin embargo, la acción de discutir debe ser conducida cuidadosamente por el profesor. Un elemento importante de la discusión es el material o la situación sobre los cuales versará la discusión, pues pudiera ser que lo que es de interés para el profesor, no lo sea para los estudiantes y viceversa, el profesor basado en su experiencia puede determinar que algún material en específico puede no conducir a discusiones fructíferas y solo llevará a discusiones bizantinas. Es importante notar, que en las discusiones Socráticas los

temas siempre son de interés de los estudiantes, de forma tal que Sócrates siempre tenía la atención de sus estudiantes. Precisamente, el método Socrático es un recurso importante para la enseñanza, Delić & Senad Bećirović (2016) recomiendan generar cinco estadios para realizar una discusión mediante el diálogo Socrático, estos son:

1. Preguntar (planteando preguntas atractivas detonantes para la discusión);
2. Plantear hipótesis (dar una respuesta a la pregunta, dar su opinión o afirmación sobre la pregunta que se convierte en una hipótesis del diálogo);
3. Examinar al dialogante, refutación y contrainterrogatorio (el núcleo de la práctica socrática; la hipótesis se cuestiona y se da el contraejemplo para probar o desaprobar la hipótesis);
4. Aceptación o rechazo de la hipótesis (los participantes aceptan o rechazan el contraejemplo);
5. Acción (actuar sobre los hallazgos de la investigación).

La forma de conducir una discusión puede ser mediante la guía de un líder de discusión, el cual debe de buscar materiales adecuados para la discusión, llevar un registro de los mismos, incluir también lecturas que conduzcan a preguntas incluso controversiales, y si llevan a realizar un debate, tanto mejor. Hay que recordar que Sócrates partía de la premisa de que cada persona podía construir el conocimiento a partir de sí misma. Los materiales no deben ser muy extenso, de forma que se puedan revisar y discutir durante el tiempo de la clase. A veces puede bastar una sola sentencia o frase, una imagen, un objeto, un artículo científico, un video breve, etc., al seleccionar esos materiales de debe tener presente que sean capaces

de generar diferentes opiniones y puntos de vista, de forma tal que se genere una buena discusión, la cual debe ser conducida siempre con respeto y cortesía, dando tiempo a cada integrante para que pueda expresar su opinión por turno, y que asuman una posición.

En algunas ocasiones puede servir la técnica de escribir las opiniones de cada uno mediante un secretario, o que cada integrante del grupo escriba sus argumentos en un documento de edición abierta en la nube, y poco a poco llegar a construir una composición conjunta. Al final, en las conclusiones se puede compartir el resultado final de la discusión con cada uno de los participantes.

Finalmente, una recomendación para tener discusiones enriquecedoras, es comenzar con grupos reducidos de estudiantes (Bligh, 1986), pues cuando el profesor interactúa con un equipo de pocos integrantes es más fácil animarlos a que se involucren en sus diferentes roles, y al animarse a trabajar colaborativamente, poco a poco se van preparando para integrarse a todo el grupo, siendo cada vez más fácil la participación de todos los integrantes.

- **Cuestionar:** Esta es otra acción importante en el AA, ya que no puede haber investigación sin hacer cuestionamientos. El profesor debe estar versado en el tipo de preguntas que se pueden hacer en el aula con el fin de llevar a los estudiantes a una discusión productiva. Bonwell & Eison (1991), señalan cuatro categorías de clasificación de las preguntas:

- 1) Preguntas de memoria cognitiva (cuando se pregunta por algún dato específico).

- 2) Preguntas para emplear el pensamiento convergente (se estimula a los estudiantes a emplear el método deductivo al buscar respuestas a las preguntas que se plantean a manera de una condicional, si se conoce el antecedente ¿cuál será el consecuente?).
- 3) Preguntas que requieren usar el pensamiento divergente (se hacen planteamientos dando ciertos elementos iniciales, y se busca qué consecuencias se pueden inferir a partir de ellos).
- 4) Preguntas evaluativas (cuando se busca estimular a los estudiantes a mostrar su dominio sobre cierto tema o su capacidad de razonamiento para contestar a preguntas complejas que requieren la articulación de diversos saberes y evidenciar su conocimiento sobre el tema.

Una extensa investigación sobre el tipo de preguntas que los profesores han utilizado a lo largo de cincuenta años (Gall, 1970; Ellner & Barnes 1983), muestra resultados no muy alentadores, encontrándose que no hay una diferencia esencial en el tipo de preguntas que los profesores hacen a sus estudiantes. Estos autores, hallaron que alrededor del 60% de los profesores cuestionan a sus estudiantes para recordar hechos, un 20% cuestionan a los estudiantes para que piensen y el otro 20% pregunta cuestiones de procedimiento.

Por otro lado, Andrews (1980), mediante una investigación sobre la estructura verbal para ver qué formas de preguntas son las mejores, en base a su efectividad propone tres tipos de preguntas:

- 1) Preguntas de inicio. Se estructuran por el instructor en base a los materiales que cuidadosamente ha escogido sobre el tema de partida para un estudio intensivo. Se busca hacer generalizaciones a partir del material a analizar.
- 2) Preguntas tipo de lluvia de ideas. La estructura de estas preguntas es temática. Se invita a los estudiantes a generar tantas ideas sobre un mismo tema como sea posible en un espacio pequeño de tiempo.
- 3) La pregunta focal. Este tipo de pregunta se enfoca sobre un tema específico. Se les pide a los estudiantes que adopten una posición y que la defiendan

Finalmente, mencionaremos algunas recomendaciones de Wilen (1986), para hacer preguntas efectivas y exitosas en el aula, estas son:

- Plantear preguntas clave para dar estructura y dirección a la clase. Las preguntas de discusión se deben de escoger cuidadosamente y enfocarse en los objetivos de la clase para evitar que los estudiantes divaguen.
- Plantear las preguntas de una forma clara y precisa para evitar ambigüedades. Cuando una pregunta es clara y sin vaguedades, aumenta la posibilidad de que los estudiantes respondan efectivamente.
- Adaptar las preguntas al nivel de las habilidades de los estudiantes. Las palabras utilizadas en el planteamiento de la pregunta deben de ser entendidas correctamente por los estudiantes, de otra forma, no estarán en posibilidades de responder.

- Realizar las preguntas de una forma lógica y secuencial. El utilizar preguntas al azar confunden a los estudiantes y muestran una falta de planeación, mientras que las preguntas secuenciales dan coherencia y promueve más efectivamente que los estudiantes comprendan.
- Hacer preguntas en varios niveles. Por ejemplo, plantear preguntas que requieran usar la memoria cognitiva para establecer una base inicial para la discusión posterior, o también hacer preguntas de niveles superiores para ilustrar los objetivos de la lección.
- Dar seguimiento a las respuestas de los estudiantes. El profesor debe reaccionar sagazmente ante las respuestas de los estudiantes, y evitar las sesiones de preguntas que semejan más a un interrogatorio que a una discusión. Los comentarios o muestras de admiración por parte del profesor, motivarán o frenarán la participación de los estudiantes.
- Dar tiempo a los estudiantes para pensar cuando respondan. Los profesores deben pausar el tiempo para hacer preguntas. Simplemente hay que guardar silencio y esperar la respuesta de los estudiantes, pues si plantea pregunta tras pregunta sin dar tiempo al análisis mental de los estudiantes, solo los llevará a guardar silencio y privarlos de participar. También, se debe ser prudente con el número de estudiantes en clase y el número de preguntas y respuestas a esperar.
- Usar preguntas y técnicas que promuevan una mayor participación de estudiantes. Obviamente, esto tiene un mejor desempeño en grupos reducidos, se debe de tratar

de involucrar a todos los estudiantes, y prestar atención al nivel de dificultad de la pregunta y escoger la mejor respuesta.

- Animar las preguntas de los estudiantes. Crear un ambiente de confianza y participación espontánea que permita tomar riesgos, y entonces animar a los estudiantes a preguntar, y sin duda responderán.

- **Sintetizar:** Este es un proceso valioso en el AA, ya que permite a los estudiantes construir su conocimiento realizando diversas operaciones mentales, en donde identifican, comparan, clasifican, asocian, eliminan, e integran diversas estructuras del conocimiento, las cuales se van sumando poco a poco conforme participen en nuevas actividades relacionadas con un tema específico. El sintetizar ideas y experiencias grupales ocurridas en cualquier actividad “activa” es el culmen del proceso de generación de nuevos conocimientos.

Como parte de las estrategias de AA para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, a continuación mencionaremos brevemente algunas de las más exitosas y que son de fácil aplicabilidad en el aula de clases.

2.1.4.1 Instrucción Basada en el Diseño

También conocida como Aprendizaje Basado en el Diseño, comenzó en los años setenta como Diseño guiado, y ha evolucionado hasta nuestros días también como Educación

Basada en el Diseño. Es una excelente propuesta que es utilizada como modelo educativo por diversas universidades, la cual prioriza el diseño de actividades de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes a través de un ciclo o proceso, el cual se estructura teniendo como centro las metas de aprendizaje del estudiante.

En algunas ocasiones incluso se llega a incluir el término “reflexivo”, pues se pretende que el estudiante sea consciente de su papel especial en el aprendizaje. Básicamente se comienza por diseñar el proceso del aprendizaje mediante buscar la solución de un problema o plantear un proyecto. El cual se trabajará colaborativamente y se busca la reflexión de los estudiantes, la comunicación con sus pares, y se establecen las características del proyecto, se propone un ambiente de aprendizaje el cual está influenciado fuertemente por el uso de la tecnología, se definen las funciones del profesor que actúa más como un coach y la del estudiante que debe ocuparse de su propio desarrollo mediante el cumplimiento de metas y objetivos de aprendizaje. Wales & Stager (1978) definieron más puntualmente este proceso mediante los siguientes pasos:

- 1) Plantear el problema y establecer una meta. Corresponde al punto de partida y alrededor del cual se construirá el proceso.
- 2) Recopilar información relevante. Se busca la información pertinente y útil para resolver el problema y para alcanzar cada una de las metas.
- 3) Generar posibles soluciones al problema. Se busca no solo encontrar una única solución, sino cuántas sean posibles.

4) Enumerar las restricciones sobre lo que se puede lograr. Definir los límites del proceso, con qué se cuenta y qué se puede alcanzar para cumplir los objetivos iniciales.

5) Elegir una posible solución. Se escoge la mejor solución que se genere en el tercer paso, aquella que ofrezca mayor riqueza didáctica.

6. Analizar los factores importantes que deben ser considerados en el desarrollo de una solución detallada. Enfatizar los puntos claves que caracterizan una posible solución.

7) Crear una solución detallada, realizar una síntesis de las restricciones, las ventajas, los y componentes claves de la solución,

8) Evaluar la solución final. Revisar la propuesta de solución y someterla a una evaluación antes de su aplicación y después de la misma.

9) Recomendar un curso de acción apropiado. En base a los resultados obtenidos, se está en posibilidades de plantear acciones para mejorar el proceso, volverlo a replicar y mejorar.

2.1.4.2 Instrucción Basada en Tecnología

La Instrucción Basada en Tecnología también es conocida como Educación Basada en Tecnología o Aprendizaje Basado en Tecnología (ABT) utiliza el AA mediante la tecnología electrónica (Computadoras personales, laptops, ipods, teléfonos celulares,

etc.), además de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Asimismo, hay una gran cantidad de recursos que utiliza el ABT tales como la web y las redes satelitales, mediante las cuales se pueden hacer videoconferencias, además de usar plataformas virtuales de trabajo colaborativo con salas de chat, para dar cursos y asesorías virtuales, el uso de redes sociales. El ABT también se refiere al aprendizaje en línea, el cual abarca las modalidades a distancia e híbrido. El ABT ha venido a trascender las fronteras de la educación, pues ahora las aulas de clases se encuentran en el ciberespacio, y el aprendizaje de diversas disciplinas se puede facilitar al utilizar recursos tales como computadoras que registran los datos en tiempo real, y mediante software especializado se pueden analizar, construyendo gráficas en dos y tres dimensiones, y modelos matemáticos que permiten explicar fenómenos naturales. La tecnología como tal no sustituye a los profesores, estos son facilitadores para mediar el uso de la tecnología con los estudiantes (Koopman, 2020). Se reportan buenos resultados del ABT en diferentes niveles educativos, pero se alerta en cuanto a su uso excesivo el cual puede afectar al rol del profesor (Roy, 2019). Las recomendaciones para su utilización son:

- 1) Presentar claramente a los estudiantes la planeación didáctica del curso.

- 2) Definir la forma de trabajo y los tiempos de estudio en plataformas virtuales, laboratorios virtuales y remotos, extraclase, en equipo, etc.

- 3) Seleccionar materiales y recursos didácticos cuidadosamente tales como libros digitales, artículos, videos educativos, simulaciones virtuales, etc.

4) Proveer materiales complementarios al curso, tales como notas de curso, libros especializados en formato digital, videos educativos, bibliotecas virtuales, etc.

5) Especificar claramente los tiempos y la forma de calificar. Así como los tiempos de asesoría virtuales.

2.1.4.3 Instrucción Basada en lo Visual

Con el avance de la tecnología y el desarrollo de instrumentos ópticos de proyección, que ayudan a compartir los materiales clásicos que el profesor utiliza en su clase, tales como apuntes, tablas, ilustraciones, dibujos, imágenes, etc., se abrió un nuevo panorama de innovación de la instrucción, pues los profesores podían disponer de diapositivas, de filminas, de acetatos, de películas en formatos pequeños para su fácil portabilidad, 8 y 16 mm, de proyectores de cuerpos opacos, y de programas de televisión (Siegfried & Fels, 1979). Esta modalidad de enseñanza tuvo su auge en la década del 70, y poco a poco ha tomado más relevancia con el surgimiento de la Internet, de la computadoras personales y portátiles, con las plataformas virtuales de trabajo colaborativo. La industria fotográfica también ha tenido gran protagonismo en la Instrucción Basada en Imágenes, pues con el surgimiento de las cámaras digitales y de los dispositivos móviles personales, es mucho más fácil el tomar, procesar y compartir fotografías y videos. De tal forma que impartir clases sin recursos visuales atractivos en nuestro tiempo, se considera como un atraso atribuible quizás a la brecha generacional del profesorado que nació antes de la era digital. No obstante lo fácil que es utilizar recursos visuales en nuestros días, la influencia del uso de las imágenes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ha sido estudiada desde

décadas atrás, y no se encontró que las imágenes produjeran un mejor rendimiento académico comparado con las clases tradicionales (Cohen *et al.*, 1981).

2.1.4.4 Instrucción por Pares

La Instrucción por pares, es una metodología bastante antigua, la cual tuvo gran auge desde el siglo pasado extendiéndose hasta nuestros días (Mazur, 1997). Los orígenes de la Instrucción por Pares o Tutoría por Pares, se encuentran en las prácticas de la educación privada impartida por preceptores a hijos de familias acomodadas, y posteriormente evolucionó en las universidades del siglo pasado en la figura de profesores ayudantes o asistentes los cuales tenían aún el estatus de estudiantes avanzados o de último año. Su labor es la de acompañante de grupos de estudiantes principalmente de los primeros años, para ayudarles en consejería y la resolución de problemas y tutorías sobre temas complicados del curso. Una gran ventaja cuando los estudiantes ayudan o enseñan a sus pares, es que tienen gran aceptación entre iguales. Existe una identificación natural de camaradas solidarios, en donde no existe la brecha generacional y en donde el profesor ayudante o asistente, ya ha recorrido con éxito el camino que ahora le toca recorrer a su par o igual, sabe acerca de los problemas que ofrecen ciertas temáticas del curso y sabe cómo afrontarlas, además de ayudarlos a involucrarse más fácilmente en la nueva vida académica. Asimismo, él recibió ayuda o asistencia de otros estudiantes que exitosamente pasaron por los mismos problemas que él enfrentó. En estos grupos de colegas estudiantes se promueve de forma natural el AA en el aula de clases.

La forma de trabajo en Instrucción por pares tiene varias modalidades: (1) Como asesoría individualizada o en pequeños equipos. (2) La clase magistral entre pares. (3) La colaboración en células de aprendizaje, esto es, en grupos reducidos en clase y extra clase, y (4) La colaboración entre parejas de estudiantes durante la clase. Sea cualesquiera la modalidad de Instrucción por Pares, Davies & Omberg (1986) señalan que se tienen diversas ventajas: i) Los profesores pierden menos tiempo editando, ii) los estudiantes ponen más atención a los comentarios de sus pares, iii) en el trabajo en grupo, los estudiantes ganan un sentido de una audiencia grande, iv) las actitudes de los estudiantes hacia escribir pueden mejorarse al ser apoyados socialmente por sus pares, y v) los estudiantes aprenden más de escribir y revisar al recibir revisiones y lectura críticas de los demás.

Los resultados alentadores acerca de una mejoría en el aprendizaje con respecto a la enseñanza tradicional, son conocidos desde el siglo pasado hasta nuestros días (Whitman 1988; Vickrey *et al.*, 2015; Knight & Brame, 2018).

2.1.4.5 Aprendizaje Basado en Proyectos

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología de AA centrada en el estudiante, mediante la cual el aprendizaje se logra a través de proyectos educativos en donde el estudiante busca resolver problemas reales de su entorno, involucra el trabajar en equipo y sumar sus habilidades cognitivas para explorar la naturaleza, buscar posibles soluciones, innovar soluciones y modelos existentes, por esta razón también se basa en el aprendizaje por indagación. En ABP el aula de clases se transforma en un entorno activo y dinámico de trabajo colaborativo, donde el profesor juega un papel de mediador y

supervisor de proyectos. La clase tradicional es modificada de forma que los conceptos a enseñar se integran en el proyecto a desarrollar, ocasionando que los tiempos dedicados a la exposición magistral de los temas se alarguen, dichos tiempos pueden abarcar todo el semestre combinado la enseñanza con la instrucción tradicional (Bender, 2012).

El desarrollo de la metodología en general, abarca lo siguiente (Perrault *et al.*, 2017):

- 1) Se presenta un problema real a resolver, o el estudio de un fenómeno natural mediante el cual se busca captar el interés de los estudiantes.

- 2) Los estudiantes se organizan en equipos por afinidades comunes.

- 3) El profesor formula preguntas trascendentes relativas al proyecto, y plantea tareas significativas para desarrollar conceptos, y el pensamiento crítico, así como para buscar posibles soluciones. Se alienta el aprendizaje por indagación y la resolución de problemas.

- 4) El profesor promueve el trabajo colaborativo y el desarrollo de habilidades sociales (comunicación, respeto, solidaridad, honestidad, trabajo en equipo, empatía, etc.), entre los integrantes de los equipos de proyecto y se asignan roles de trabajo.

- 5) Se provee la forma de evaluación de los proyectos, y se realizan presentaciones de avances parciales para recibir retroalimentación.

6) Se concluye con la presentación pública de los proyectos, incluso en una feria o exposición de proyectos.

2.1.4.6 Aprendizaje Cooperativo

El Aprendizaje Cooperativo es una actividad social y comunitaria que mediante una colaboración solidaria construye el conocimiento escolar, en una forma contraria al individualismo o a la competitividad alentada por la enseñanza tradicional en el aula de clases, inicialmente surgió en la escuela elemental pero su influencia se ha extendido a todos los niveles educativos (Cooper, 1990). Mediante el Aprendizaje Cooperativo se busca:

- 1) Mejorar el aprendizaje de los estudiantes mediante un compromiso social de codependencia.

- 2) Desarrollar las habilidades sociales de los estudiantes como toma de decisiones, manejo de conflictos, comunicación, responsabilidad, solidaridad y consciencia social (la calificación es compartida).

En esta metodología los estudiantes trabajan en grupos pequeños que colaboran juntos en un proceso estructurado para resolver una tarea académica. Usualmente, se plantea un proyecto que puede durar todo el curso normal de clases. La evaluación del mismo se realiza en forma grupal promediando las puntuaciones medias de los miembros

del grupo en una evaluación del aprendizaje individual, Cohen (1986), encontró que esto produce un mejor aprendizaje significativo en los estudiantes.

2.1.4.7 Aprendizaje Basado en Problemas

El aprendizaje Basado en Problemas (PBL por sus siglas en inglés y para diferenciarlo del Aprendizaje Basado en Proyectos) es otra metodología activa que surgió en los años sesenta en una escuela de medicina con el objetivo de acercar a los estudiantes al conocimiento mediante resolver problemas reales en escenarios de interés para ellos (Wood, 2003). Esta metodología constructivista está centrada en el estudiante y se alienta el desarrollo de habilidades cognitivas para resolver problemas, en especial el pensamiento crítico y la forma de proceder es opuesta a la enseñanza tradicional. Se centra en la reflexión y el razonamiento del estudiante para construir su propio aprendizaje

La metodología PBL no se enfoca en la resolución de problemas con una solución definida, sino que permite a los estudiantes desarrollar habilidades que se utilizarán para su práctica futura. Durante el proceso educativo, se mejora la evaluación crítica, se enseña a los estudiantes a investigar para obtener información, y se fomenta el aprendizaje continuo mediante equipos de trabajo. El profesor actúa como un tutor mediador, y los estudiantes asumen roles en pequeños grupos de trabajo.

Para guiar el proceso tutorial de PBL, se tienen siete saltos de Maastricht (Barrows, 1996) y que consisten en: 1) Aclarar términos, 2) definir problemas, 3) hacer lluvias de ideas, 4) estructurar hipótesis, 5) plantear objetivos de aprendizaje, 6) estudiar

independiente y 7) sintetizar. Este proceso lo dirige el profesor y ayuda a los estudiantes a identificar lo que ya saben, lo que necesitan saber, y cómo y dónde acceder a nueva información que pueda conducir a la resolución del problema, apoyando, guiando y monitoreando el proceso de aprendizaje. Es importante ayudarles a desarrollar la confianza al abordar los problemas.

Wood (2003) define el PBL como un proceso que utiliza problemas detonantes identificados en un escenario específico para aumentar el conocimiento y la comprensión de los estudiantes. Los principios de este proceso son los siguientes:

- i) Objetivos y resultados autoidentificados impulsados por el alumno.
- ii) Los estudiantes realizan un estudio independiente y autodirigido antes de regresar a un grupo más grande.
- iii) El aprendizaje se realiza en pequeños grupos de 8 a 10 integrantes, con un tutor para facilitar la discusión.
- iv) Se pueden utilizar materiales desencadenantes de acuerdo a los intereses de los estudiantes.

2.1.4.8 Aprendizaje Basado en Casos

El Aprendizaje Basado en Casos (ABC) es una metodología en donde los estudiantes aplican su conocimiento a escenarios del mundo real, promoviendo niveles superiores de cognición. En el ABC se trabaja en grupos de estudios de casos, historias que involucran

a uno o más personajes y/o escenarios. Los casos presentan un problema de una disciplina específica para los cuales los estudiantes idean soluciones bajo la guía del instructor.

El ABC ha sido aplicado exitosamente en diversas escuelas de medicina, derecho y negocios, y se ha usado también en la educación de pregrado (Thistlethwaite *et al.*, 2012), particularmente en las carreras preprofesionales y en ciencias (Herreid, 1994). Este método involucra la indagación guiada y se basa en el constructivismo por el cual los estudiantes forman nuevos significados al interactuar con su conocimiento y el entorno (Lee, 2012).

El ABC utiliza el aprendizaje colaborativo, facilita la integración del aprendizaje, desarrolla la motivación intrínseca y extrínseca de los estudiantes para aprender, fomenta la autorreflexión y la reflexión crítica del estudiante, permite la investigación científica, integra conocimiento y práctica, y apoya el desarrollo de una variedad de habilidades del aprendizaje. Entre las características que lo definen, está la versatilidad, el poder narrativo y el aprendizaje autoguiado eficiente.

2.1.5 Limitaciones del Aprendizaje Activo

El AA es una metodología de amplio espectro de aplicación, debido a la gran diversidad de enfoques y acciones para desarrollar en el aula de clases en todos los niveles educativos. Sin embargo, existen limitaciones para su implementación que tienen que ver primeramente con los profesores, con los directivos escolares, con las escuelas y espacios

adecuados en las escuelas, y en última instancia con los estudiantes y con sus padres o tutores.

El poder hacer innovación en el aula de clases, no es algo tan sencillo, ya House, (1974) lo señaló mucho tiempo atrás, pues es necesario entender el mundo y las concepciones de los profesores, ya que lo que es innovación para nosotros, quizás no lo sea para ellos. Lo que nosotros veamos como fácil, ellos quizás no lo vean así, y viceversa. Los investigadores teóricos de la educación, pueden concebir en sus mentes un escenario ideal pero irreal con pocas posibilidades de ser aplicado en la realidad. Esto es algo normal en la investigación, en la generación de nuevo conocimiento. Los cosmólogos trabajan con “modelos de juguete” del universo, simplemente un artilugio intelectual, un modelo teórico de un pedacito del universo en donde funcionan a la perfección las leyes de la física, y en ese pequeño entorno realizan su estudio y predicciones teóricas. Esa misma situación, puede suceder en educación, ya que arrogantemente podemos proponer metodologías lo más generales posibles, que abarquen a “todos” los estudiantes y profesores de “todo el mundo”. Pero, simplemente el universo educativo, los mundos particulares educativos de los países, ciudades y regiones rurales no funcionan así, cada entorno está caracterizado y limitado de diferentes formas.

Por otro lado, los claustros de profesores son gremios que no es tan fácil penetrar, y menos alterar sus tiempos y forma de trabajo, los cuales pueden tener una fuerte componente de enseñanza tradicional. Una cosa es la teoría y otra la práctica, eso nos lo enseña la experiencia y la práctica de la docencia. Por consiguiente, generalmente encontramos que los profesores son reacios a adoptar una nueva metodología de enseñanza, y si esto es difícil con un miembro del gremio, tratar de modificar la ideología

e idiosincrasia del conjunto, es una tarea compleja. Existen muchos factores que evitan eso, y no nos detendremos a investigar o enumerar las posibles causas, simplemente mencionaremos que es difícil cambiar las ideas y actitudes de la mayoría de profesores para experimentar con el AA. Por otro lado, para poder implementar una nueva metodología, primeramente hay que conocerla y saber cómo aplicarla. Por consiguiente, hay que convencer a la Academia, al Departamento, el Núcleo básico docente, y proveer cursos de formación y actualización en AA. Asimismo, presentar los resultados de la aplicación exitosa de una metodología, en otros centros escolares y ayudar a ver las ventajas locales de su utilización. El menor y más grandes esfuerzo que podemos hacer, es empezar por nosotros mismos a actualizarnos y formarnos en la disciplina para mantenernos vigentes en el conocimiento y bien dispuestos a obrar, al aplicar nuevas formas de enseñanza para realizar una mejor labor docente.

Los directivos escolares algunas veces también son un obstáculo para poder implementar una nueva metodología, por muy exitosa que parezca ser, y esto es debido, a que los ministerios de educación del mundo, año tras años realizan una planeación estratégica, una prospectiva de las acciones de enseñanza en sus escuelas, y ciudades. Al ir acompañado esto por una programación de clases, con un calendario inflexible autorizado de orden superior, además de los planes y programas de estudio que tienen una programación intrínseca, podemos apreciar la problemática de inclusión.

Simplemente, tal como Sokoloff (2006) ha señalado, es necesario hacer investigación educativa activa en el aula de clases, independiente si estamos realizando estudios de postgrado o no. Simplemente, la invitación es poder ensayar alguna aplicación de metodologías activas y explorar su efectividad.

También, un obstáculo que dificulta mucho la implementación del AA en las escuelas, es la falta de equipamiento en el aula de clases. Por lo general, los docentes de educación básica no tienen acondicionado su salón de clases para poder dar clases significativas, y menos los laboratorios de las escuelas. Así como la falta de espacios, para instalar los equipos de trabajos de los estudiantes. Sin embargo, el obstáculo de la falta de equipo, puede ser superado rápidamente, considerando el uso de materiales de bajo costo y de deshecho, lo cual puede ser posible mediante los programas de formación y actualización profesional.

Quizás los estudiantes sean la parte menos interesada en bloquear la innovación de las clases incluyendo el AA, puesto que la metodología tiende a facilitar la construcción del conocimiento, y al estar participando en AA, los estudiantes reciben confianza de seguir adelante. Puede suceder, incluso en el nivel universitario, que los estudiantes que están recibiendo su instrucción mediante AA, se puedan sentir defraudados por el sistema, al no recibir las clases tradicionales por la que incluso están pagando, y lo cual representa una fuerte inversión. También, dicha posición a veces es avalada por los padres, quienes son los que financian los cursos y no están de acuerdo en pagar para que se experimente con sus hijos y no reciban la instrucción tradicional.

Otro aspecto que se manifiesta con los profesores, es que la preparación del material didáctico, y la clase con AA, suelen requerir mayores tiempos de lo tradicional. Asimismo, sucede con los estudiantes, que van a requerir mayores tiempos para la construcción de su propio conocimiento, y al no estar acostumbrados, tienden a abandonar la nueva metodología, esperando seguir con las clases tradicionales.

2.2 EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

2.2.1 Aspectos históricos del Aprendizaje Significativo

El término de Aprendizaje Significativo (AS), surgió en la década del sesenta en Educación en Ciencias mediante los trabajos del psicólogo norteamericano David Ausubel y con este término se designó al aprendizaje que está en total contraste con el aprendizaje de memoria. Su propuesta es contraria a la visión conductista en donde el aprendiz se caracteriza porque reacciona a los estímulos del medio y no asume un papel activo descubrir su medio. El término sugiere la idea de que en la mayoría de los contextos el aprendizaje de memoria es malo y el AS es bueno. El aprendizaje de memoria es donde se incorpora nuevo conocimiento arbitrario y no es incorporado substancialmente en la estructura cognitiva. Por otro lado, el AS se logra cuando el estudiante escoge conscientemente integrar nuevo conocimiento al conocimiento que ya posee (Novak, 1994). El uso del término AS se ha generalizado, por lo que el “Aprendizaje Significativo” sirve como una etiqueta para el aprendizaje visto como valioso, con un propósito real, en una amplia variedad de contextos. El AS también tiene un papel central en otras teorías del aprendizaje que han influido mucho en Educación en Ciencias, como la teoría del Aprendizaje Generativo de Wittrock (Gunstone, 2016), y la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (Moreira, 2012).

Ausubel ha presentado sus ideas principales sobre la construcción del conocimiento mediante el AS en tres obras claves, *La Psicología del Aprendizaje Verbal Significativo* (1963), *Psicología Educativa: Una Concepción Cognitiva* (1968), y *La Adquisición y la Retención del Conocimiento* (2002). La idea central de Ausubel, es que

todo ser humano desde que nace comienza a construir su conocimiento mediante los estímulos de los sentidos (visuales, auditivos y del tacto), y este proceso se acelera con el uso del lenguaje, el cual ayuda a codificar significados del mundo que le rodea, a formar conceptos. Sin embargo, algunos de los significados construidos a lo largo de la vida pueden ser erróneos, defectuosos o limitados, de forma tal que impiden la construcción de nuevos significados, y de esta forma tenemos obstáculos epistemológicos que impiden la construcción de conceptos correctos (De Camilloni, 2002).

Los niños pequeños son muy propensos al AS, pero desafortunadamente las prácticas de la escuela tradicional tales como la memorización, el abuso de algoritmos y la mecanización al usar fórmulas, o el entrenamiento para solo aprobar exámenes, tiende a generar aprendizaje de memoria, y de esa forma se estructuran patrones predominantemente de pensamiento memorístico los cuales evitarán la formación de conocimiento realmente significativo.

2.2.2 Rasgos esenciales del Aprendizaje Significativo

En la propuesta de Ausubel, se enfatiza la importancia del conocimiento preexistente (subsunores) de los estudiantes, pues es a partir de ese conocimiento que se construirá el nuevo conocimiento, y se realizará mediante un proceso especialmente dirigido para que ese nuevo conocimiento sea realmente significativo. Para lograr esto se requieren dos requisitos esenciales: 1) la disposición del estudiante de aprender, y 2) los materiales de enseñanza que deben ser diseñados para ser potencialmente significativos. La siguiente Figura 2.2 muestra la diferencia entre el AA y el Aprendizaje memorístico.

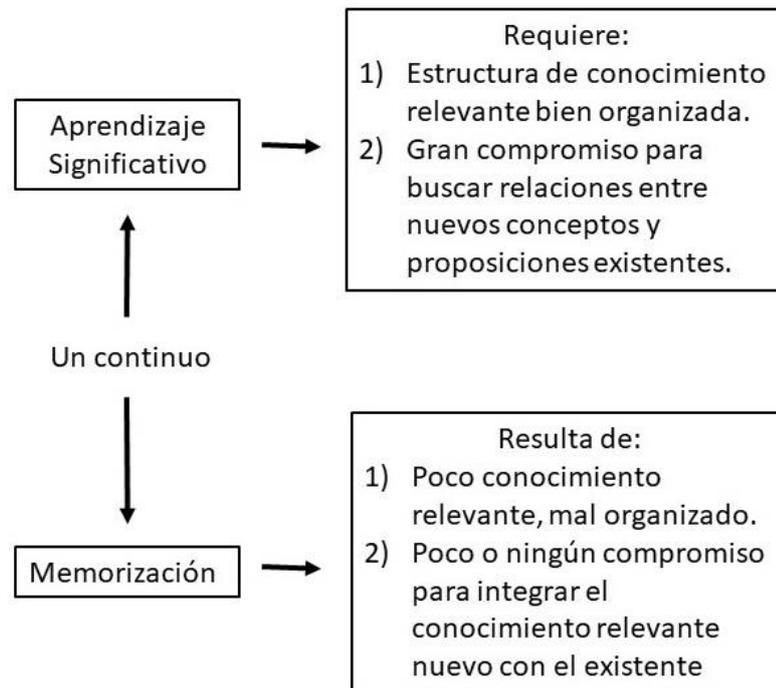


Figura 2.2 Diferencias notables entre el Aprendizaje Significativo y el Aprendizaje Memorístico, ventajas y desventajas. Fuente: Novak (2002).

Para poder llevar a la práctica el AS en el aula de clases, es necesario desarrollar actividades bien planeadas que sean potencialmente significativas y se deben considerar las siguientes componentes del aprendizaje (Mystakidis, 2021):

-Activo: El aprendizaje es un procedimiento cognitivo activo en donde el estudiante es el protagonista principal. Se requiere la participación activa del aprendiz al interactuar con el contenido y el ambiente de aprendizaje, así como involucrarse con el tema hasta hacer una contribución cognitiva personal.

-Constructivo: Se espera que los estudiantes construyan continuamente sus propios significados mediante interpretar y reflexionar sobre los fenómenos observados, el contenido y los resultados de sus acciones.

-Intencionalidad: Se anima a los estudiantes a mostrar posesión individual, acción, ser autodirigido, establecer metas conscientemente y comprometerse emocionalmente.

-Autenticidad: El AS requiere la realización de tareas ligadas a una experiencia auténtica o simulada, a un contexto realista tal que llegue a ser personalmente significativo y transferible.

-Cooperativo: El aprendizaje es un proceso social que involucra tanto a estudiantes como a profesores, por consiguiente la colaboración en grupo y la discusión entre pares, sucede naturalmente en las comunidades de construcción del conocimiento. A esto se añade el compromiso y la dedicación de los profesores que involucran emocionalmente y significativamente a los aprendices.

Por otro lado, Novak desarrolló una teoría de instrucción que se basa en los principios del AS de Ausubel. Su propuesta logra explicar con precisión la construcción del conocimiento. De acuerdo a esto, somos realmente capaces de aprender cuando los conceptos están vinculados. Es decir, adquirimos conocimiento cuando relacionamos información relevante con nuestra estructura cognitiva de forma conectada y coherente. (Ausubel *et al.*, 1978). En esta visión del AS, se trasciende de la psicología a la epistemología, esto es, al estudio del conocimiento y la producción de nuevos conocimientos.

2.2.3 La V de Gowin

Bob Gowin fue un distinguido educador de filosofía en los Estados Unidos de Norteamérica, pasó sus últimos años de actividad docente y de investigación en la universidad de Cornell. Es conocido por haber desarrollado un recurso heurístico para la resolución de problemas, esto es, la V de Gowin, cuyo origen está asociado a la problemática que presentaban los estudiantes para entender conceptos y procedimientos en las prácticas de laboratorio.

La V de Gowin nos ayuda a analizar una estructura del conocimiento de una asignatura, práctica, proceso, problema o en general alguna área del conocimiento (Gowin, 1981). La técnica desarrollada por Gowin permite organizar la información de una forma escrita muy sencilla para hacer clara la relación o conexión entre conceptos, hechos y sucesos de un tema específico. Dicho recurso ha tenido una amplia aplicación en Educación en Ciencias y su implementación en la clase es muy fácil tanto para estudiantes como para profesores (Morantes *et al.*, 2013; Herrera & Sánchez, 2012; Ramos, 2009).

Este recurso tiene la forma de una Uve en donde Gowin muestra cómo organizar la información disponible, y se comienza por escribir en la parte central de la V la pregunta central, en el lado izquierdo se escriben los conceptos (el pensar) y en el derecho la metodología del tema (el hacer).

Entre las ventajas que aporta la V de Gowin, se tiene que ayuda a los estudiantes de una forma clara y sencilla a construir su conocimiento, a lograr una mejor comprensión

de los temas que se estudian o a encontrar soluciones de problemas más fácilmente pues como antes se mencionó, se busca relacionar ideas, conceptos y los métodos que sean de utilidad.

En su propuesta, Gowin enfatizó mucho el hacer preguntas, pues ello es básico para generar nuevo conocimiento. El plantear buenas preguntas requiere que los estudiantes tengan una participación activa entre el pensar y el hacer. La V de Gowin también puede considerarse como un diagrama de flujo yendo del pensamiento teórico a la acción. La pregunta central detonante del conocimiento mediante los procedimientos que fijemos llevará a partir de la teoría hasta las conclusiones respectivas.

En la figura 2.3, se muestra la estructura funcional de la V de Gowin, partiendo de identificar la pregunta, enseguida buscar información relacionada con la pregunta, y en la parte izquierda se anotan palabras clave las cuales deben ser generadas mediante trabajo colaborativo. El profesor no debe de proveer las respuestas a este primer paso, sino debe de actuar como mediador y animador de los estudiantes para que ellos mismos provean de las palabras adecuadas, de esta forma podrá determinar el nivel de conocimientos de los estudiantes y verificar si tienen los elementos para resolver el problema o realizar la práctica de laboratorio. La información conceptual abarcará entonces, concepciones, filosofías, teorías, principios y definiciones. En la parte inferior se debe escribir el procedimiento a seguir, esto es, el procedimiento que se usará para responder a la pregunta central. En la parte derecha se anotarán los datos recogidos en las mediciones y su respectivo análisis, lo cual incluirá afirmaciones, interpretaciones, resultados y registros. Finalmente, en la parte superior derecha se reportarán las conclusiones de lo antes realizado.

La V de Gowin, ha sido utilizada exitosamente en gran cantidad de experiencias didácticas, centradas en las teorías de Ausubel, Novak, Vygotsky y Moreira (Olivares *et al.*, 2014; Gil *et al.*, 2013). Su utilización mediante la diferenciación progresiva y la reconciliación integrativa, permite identificar los diferentes tipos de aprendizajes que prevalecen en los estudiantes, lo cual es importante, pues permite el diseño de diversas actividades didácticas para ser utilizadas de acuerdo a las capacidades de los estudiantes para ayudarlos a llegar al dominio conceptual y metodológico de los temas que se estudian, permitiendo la construcción del conocimiento y su transferencia.

La utilización de un recurso heurístico como es la V de Gowin, permite a los docentes tener evidencia sólida sobre las capacidades de los estudiantes y permite diseñar nuevas aproximaciones didácticas, poder mejorar las concepciones de los estudiantes de forma que sean verdaderamente significativas, y entrenarlos mejor para el trabajo científico.

En conclusión, podemos decir que la V de Gowin es una importante herramienta heurística de mediación meta cognitiva que ayuda a construir conocimiento significativo de eventos u objetos, que además facilita y potencia el desarrollo de destrezas de investigación científica en los estudiantes, por ello ha tenido una gran acogida en Educación en Ciencias. Además, no solo es útil en las ciencias experimentales, sino también en disciplinas teóricas o de humanidades y ciencias sociales. Este recurso didáctico al ser un recurso gráfico epistemológico, tiene una aplicación universal a cualquier tipo de saber.

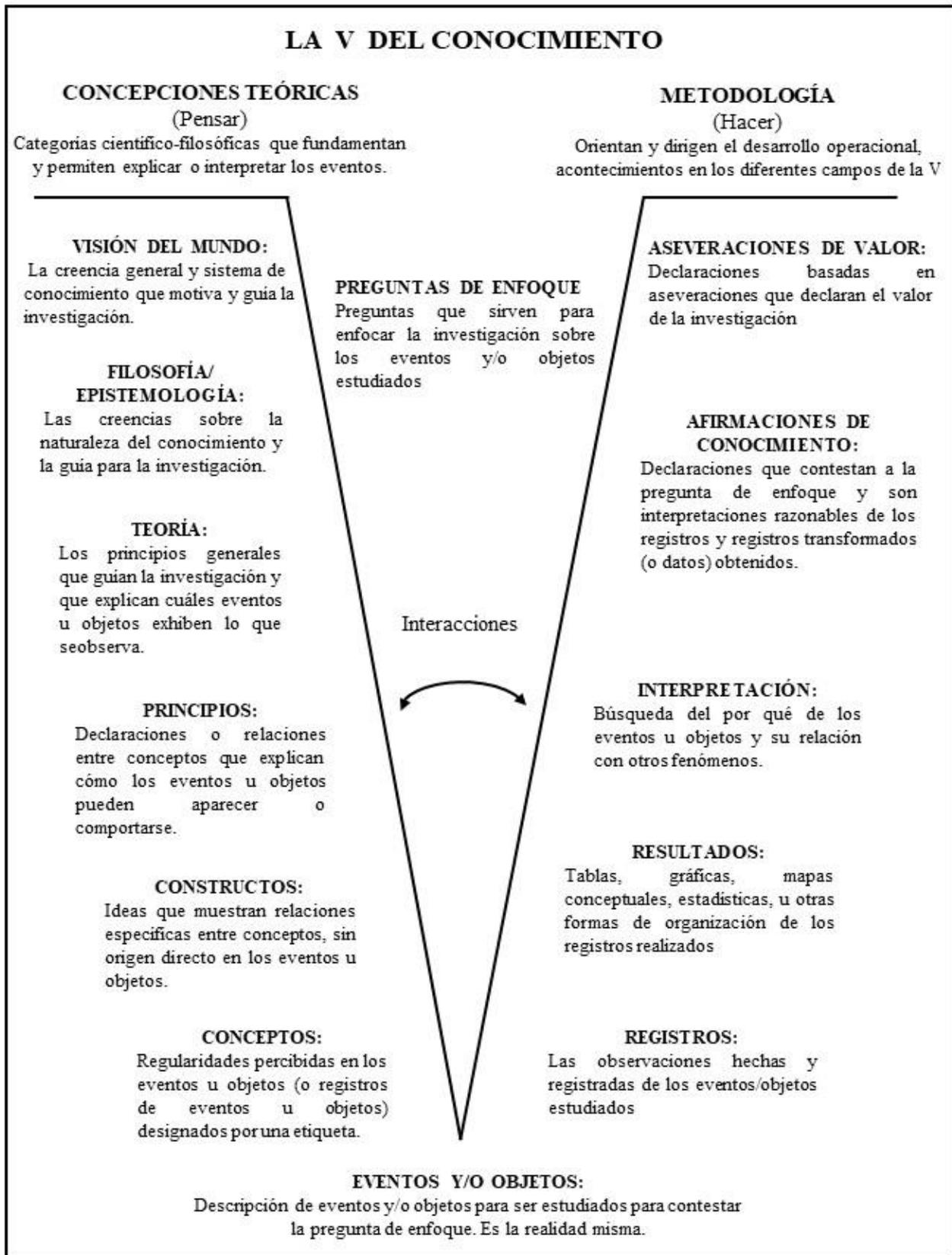


Figura 2.3 Esquema general de la estructura funcional de la V heurística del conocimiento de Gowin.

2.2.4 Logros y alcances del Aprendizaje Significativo

Uno de los principales logros educativos del AS es que, por este medio se provee de una teoría de asimilación del aprendizaje cognitivo (Ausubel, 1963), la cual ha demostrado su efectividad en educación y en especial en la Enseñanza de las Ciencias, utilizando investigación dirigida y diseño instruccional para lograr la construcción de conocimientos realmente significativos (Novak, 2002). Además de establecer que la construcción y reconstrucción de significados por parte de los estudiantes requiere que busquen integrar activamente el nuevo conocimiento con el conocimiento ya existente en su estructura cognitiva, pero si se aprende memorísticamente, entonces no se logrará producir la integración de significados de nuevos conceptos, y por consiguiente la estructura cognitiva existente no será elaborada o reconstruida (Ausubel, 1968). En este sentido, es importante la disposición de los estudiantes a aprender, de su actitud, de los materiales didácticos que sean potencialmente significativos, de la organización de las actividades para lograr nuevos significados conceptuales (Mora *et al.*, 2022), de otra forma cuando el aprendizaje es memorístico o en un nivel más bajo del AS, entonces solo se conseguirá un “aprendizaje situado”, lo cual no es deseable.

El AS provee de un modelo educativo confiable centrado en el aprendizaje que por varias décadas se ha utilizado exitosamente en la Enseñanza de las Ciencias (Olivares *et al.*, 2014; Gil *et al.*, 2013; Mayer *et al.* 1995; Mintzes *et al.*, 1997). También, como se estudió en la sección anterior, el recuso heurístico de la V de Gowin (1981), se ha empleado con eficacia para ayudar a profesores y estudiantes a comprender la naturaleza de la construcción del conocimiento. Además, se ser utilizada ampliamente en

investigaciones educativas para mejorar la comprensión de conceptos de los estudiantes en diferentes disciplinas (Morantes *et al.*, 2013; Herrera & Sánchez, 2012; Ramos, 2009).

Por otro lado, los mapas conceptuales son un recurso didáctico muy utilizado de manera efectiva para promover AS con la consiguiente modificación de las estructuras de conocimiento de los estudiantes (Moreira, 1997b). Con la proliferación de distintos softwares es bastante sencillo generar y manipular este otro recurso didáctico.

Finalmente, se debe tener cuidado al utilizar el término de AS, ya que es común su uso indiscriminado en el ámbito educativo, quizás no formal, por una apropiación polisémica del término (Moreira, 2010). En algunos contextos se habla de AA para referirse a un aprendizaje real, claro, completo, pero al no seguir la secuencia de la teoría del AA, simplemente no se produce la creación de conocimientos significativos, ni se generan estructuras significativas de pensamiento científico en los estudiantes.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En este capítulo presentaremos la metodología seguida para realizar la investigación con el fin de dar respuesta a nuestras preguntas de investigación sobre cómo estructurar una secuencia didáctica que utilice el Aprendizaje Activo y el Aprendizaje significativo utilizando simulaciones computacionales interactivas PhET para enseñar circuitos eléctricos de corriente continua a estudiantes de nivel medio superior, y por otro lado, determinar cuál es el efecto en el aprendizaje de los estudiantes al utilizar las secuencias didácticas que planteamos basadas en las Clases Demostrativas Interactivas combinadas con Unidades Educativas Potencialmente Significativas, dando lugar a lo que hemos llamado como Clases Demostrativas Interactivas Significativas (CDIS), las cuales instrumentamos con simulaciones PhET para el análisis de circuitos eléctricos de corriente continua.

En las siguientes secciones, describiremos la naturaleza y contexto de los grupos de estudiantes que participaron en nuestra implementación didáctica, así como la escuela de nivel medio superior, donde hemos desarrollamos la investigación. Asimismo, presentaremos las secuencias didácticas utilizando el AA y AS para la enseñanza de circuitos eléctricos de corriente continua con ayuda del simulador PhET para generar los circuitos eléctricos que los estudiantes deben generar para realizar las actividades de aprendizaje. También, incluimos una descripción de los instrumentos de evaluación que corresponden a un test reducido del inventario ECCE, el cual utilizamos como pre test y post test, y para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes al usar las CDIS con simulaciones PhET, utilizamos un diferencial semántico. Finalmente, mencionaremos brevemente algunas de las herramientas estadísticas que utilizamos para realizar nuestro

análisis cuantitativo, tales como el factor de ganancia en el aprendizaje, el factor de concentración y el modelo de Rasch.

3.1 Descripción de los grupos de la investigación

Nuestra investigación se desarrolló en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 Wilfrido Ruíz Massieu³ (CECyT 11) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), durante el segundo semestre del ciclo escolar 2021-2022, en la vuelta a clases presenciales debido a la pandemia del COVID-19. En la figura 3.1 se muestra una toma aérea del CECyT 11. El IPN es la universidad tecnológica más antigua y de mayor trascendencia en México, fundada en el año de 1936 por el presidente de la nación Lázaro Cárdenas del Río, después de concluida la Revolución Mexicana y con el fin de proveer al país de los técnicos, ingenieros, médicos, científicos, administradores, etc. Necesarios para el desarrollo científico, tecnológico y de innovación del país, el cual se encontraba en un gran atraso científico, tecnológico, cultural, y económico además de la devastación dejada por la guerra.



Figura 3.1 Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 Wilfrido Ruíz Massieu (CECyT 11) del Instituto Politécnico Nacional, ubicada en la Ciudad de México.

³ <https://www.cecyl1.ipn.mx/>

En sus inicios, el IPN incluía también los estudios de secundaria técnica, conocida como Prevocacional, las cuales pasaron a formar parte del sistema nacional de secundarias técnicas de México, quedando solo las escuelas vocacionales de bachillerato, oficialmente conocidas como el Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos, las cuales preparan a los estudiantes como técnicos en diferentes áreas del conocimiento. Actualmente en la Ciudad de México hay 15 escuelas CECyT, y 4 más en provincia, ubicadas en las entidades del Estado de México (CECyT 16), Hidalgo (CECyT 17), Guanajuato (CECyT 18) y Zacatecas (CECyT 19). Estos 19 planteles atienden a alrededor de setenta mil estudiantes de entre 15 a 18 años. La oferta educativa de los CECyT es muy basta pues abarca 35 programas técnicos.

El plan de estudios del bachillerato tecnológico bivalente (se otorga diploma de técnico, cédula profesional y certificado global de estudios) abarca 6 semestres, y se divide en tres áreas de concentración:

- 1) Ingeniería y ciencias físico matemáticas.
- 2) Ciencias médico biológicas.
- 3) Ciencias sociales y administrativas.

Asimismo, el plan de estudios se divide en tres componentes generales:

- 1) Formación básica o tronco común. (Abarca 1° y 2° semestres, y se cursan las asignaturas comunes de Computación básica, Inglés, Expresión oral y escrita, Orientación juvenil y Desarrollo de habilidades del pensamiento).
- 2) Formación científica humanística y tecnológica básica. (Abarca del 1° al 6° semestre, y depende de cuál de las tres áreas se encuentre inscrito el estudiante, y puede llevar asignaturas de Biología básica, Geometría, Química, Física y Dibujo técnico).

3) Área de formación profesional. (Las asignaturas de esta área se cursan a partir del 3^{er} semestre y dependen de la salida técnica que el estudiante haya elegido. Además, a partir del 4^o semestre se pueden escoger 4 asignaturas optativas dentro de 12 asignaturas optativas ofertadas).

En el caso específico de física, los cursos que se ofertan desde el 3^o a 6^o semestre, son los siguientes:

- 1) Física I (Cinemática, dinámica y estática).
- 2) Física II (Dinámica y termodinámica).
- 3) Física III (Principios y leyes de la electrostática, electrodinámica y fuentes electroquímicas).
- 4) Física IV (Magnetismo, óptica y Física Moderna).

Las carreras técnicas que se imparten en el CECyT 11 son las siguientes:

- 1) Procesos industriales.
- 2) Instalaciones y Mantenimiento eléctrico.
- 3) Telecomunicaciones.
- 4) Construcción.
- 5) Energía Sustentable.

Cada una de las carreras le da un énfasis diferente a los contenidos de los programas de estudio de las físicas. Cabe señalar que el Bachillerato Tecnológico del IPN es uno de los mejores del país, las diferentes escuelas cuentan con galardones internacionales y gozan de gran prestigio académico.

Los grupos que participaron en la investigación fueron 2 de la carrera de técnico en telecomunicaciones, 5IM13 y 5IM18. El grupo experimental fue 5IM13 (10 hombres y 15 mujeres = 25). El grupo de control fue 5IM18 (11 hombres y 12 mujeres = 23). Las edades de los estudiantes oscilan entre 16 y 17 años, y son de clase media acomodada. Todos cuentan con teléfonos inteligentes con conexión a internet, y un 80% con laptop y computadora personal en casa. Estos estudiantes tienen clara vocación ingenieril y por lo general al terminar sus estudios, optan por las carreras de ingeniería en electrónica o ingeniería telemática.



Figura 3.2 Representación gráfica del porcentaje de hombres y mujeres de los grupos experimental y de control.

3.2 La estrategia de enseñanza

3.2.1 Las clases Demostrativas Interactivas

David Sokoloff y Ronald Thornton desarrollaron a finales de los años ochenta una metodología activa de enseñanza, la cual consideraba grandes cantidades de estudiantes de 100 a 250 por clase, la llamaron Clases Demostrativas Interactivas (CDI), las cuales

están fundamentadas en el constructivismo y el trabajo colaborativo. Se desarrollan de acuerdo al ciclo PODS, se busca que los estudiantes trabajen en pequeños grupos para realizar las actividades experimentales, de análisis, síntesis y exposición de resultados (Sokoloff, 2006). Esta nueva metodología de clase para grupos grandes o pequeños, fue ideada para crear un ambiente de aprendizaje más efectivo y en donde se involucrara a los estudiantes de una manera más efectiva. Posteriormente, introdujeron el uso de computadoras para innovar la realización de las CDI, en lo que se conoce como “Física en tiempo real” (Thornton & Sokoloff, 1990). Los pasos sugeridos para estructurar una CDI basándose en el ciclo PODS, son los siguientes (Sokoloff & Thornton, 1997):

1. El instructor describe la demostración y la hace para la clase sin mediciones y sin el uso de computadoras.
2. Los estudiantes observan la demostración realizada por el profesor y después ellos mismos como equipo realizan el experimento, de forma tal que lo pueden observar de nuevo con mayor detenimiento.
3. Los estudiantes anotan sus predicciones individuales en una Hoja de Predicción, que se recogerá, y la cual podrá ser identificada por el nombre de cada estudiante escrito en la parte superior. (Se asegura a los estudiantes que estas predicciones no serán calificadas, y que no se tomarán en cuenta para la calificación del curso, aunque generalmente se otorga algún crédito del curso por asistir a estas sesiones de CDI).
4. Los estudiantes participan en discusiones en grupos pequeños con uno o dos compañeros más cercanos, para realizar las actividades propuestas en las Hojas de Predicción.

5. Los estudiantes registran sus predicciones finales en la Hoja de Predicción.
6. El instructor lleva a cabo la demostración mostrando las mediciones de los sensores, o los datos registrados en la computadora, en una pantalla adecuada (múltiples monitores, pantalla o proyector de computadora).
7. Algunos estudiantes describen los resultados y los discuten en el contexto de la demostración. Los estudiantes llenan una Hoja de Resultados, idéntica a la Hoja de Predicción, la cual pueden llevar con ellos para seguir estudiando.
8. El instructor discute situaciones físicas análogas con diferentes características superficiales (es decir, diferentes situaciones físicas basadas en el mismo concepto).

La implementación de las CDI en su propuesta original ha sido tan exitosa y ha contribuido por muchos años al aprendizaje de la física, que llevó a desarrollar varios test validados para Mecánica Clásica, Circuitos Eléctricos y Óptica Geométrica (*Force and Motion Conceptual Evaluation, The Electric Circuits Concept Evaluation* y *Conceptual Understanding of Geometric Optics*), entre otros.

Las CDI se realizan una vez por semana y se intercalan con las clases tradicionales, o con la metodología que elija el profesor. Durante el desarrollo de la secuencia didáctica, el profesor modera la realización de los pasos 3 y 4, y cuando considera adecuado pueden pasar a los pasos 5 y 6, luego en la fase final de la síntesis correspondiente a los pasos 7 y 8, el profesor debe recalcar los conceptos y principios importantes. Además de revisar las realizaciones de cada equipo.

3.2.2 Las Unidades Educativas Potencialmente Significativas

Dentro de la Educación en Ciencias una aportación muy valiosa, es la realizada por Moreira (2011) acerca de las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS), la cual es una metodología didáctica estructurada de forma tal que permita la construcción de conocimiento realmente significativo para los estudiantes. Esta propuesta es sumamente flexible, de forma tal que se puede instrumentar con otras metodologías de enseñanza dando como resultado final un mejor aprendizaje. Los pasos para estructurar UEPS, son los siguientes (Moreira, 2011):

1. Definir claramente el tema de estudio, haciendo un desglose detallado de sus componentes, tales como conceptos, principios, metodologías, aplicaciones, relaciones y asociaciones con otras disciplinas, temas o asignaturas.
2. Investigar el conocimiento previo de los estudiantes, ya que el conocimiento realmente significativo se va a crear en base a este conocimiento preexistente o relevante de los estudiantes, sea correcto o incorrecto. Para lograr esto se deben de utilizar diversos recursos metodológicos que finalmente nos permitirán hacer un diagnóstico del dominio de los conceptos del tema, ya sea mediante un test, sesiones de resolución de problemas, debates, mapas conceptuales, mesa de discusión, etc.
3. Crear situaciones-problema de punto inicial en la enseñanza, esto a manera de introducción del tema de estudio con el fin de preparar un escenario significativo para el nuevo conocimiento que se enseñará y a partir del cual los estudiantes construirán haciendo asociaciones con su conocimiento preexistente dando nuevos sentidos, y

reconociendo relaciones y posibles aplicaciones. Este punto de inicio es un estadio de organización previa a los temas centrales a enseñar, es lo que ayudará al estudiante a identificar problemáticas y a formar modelos mentales que posteriormente utilizará para resolver problemas, modelar la naturaleza, innovar procesos, mejorar y plantear nuevas soluciones. Esto puede lograrse mediante varios recursos didácticos sencillos enfocados a desarrollar la creatividad y buscando evitar la mecanización o la simple utilización de algoritmos. En este sentido son de gran ayuda las demostraciones experimentales en el aula o en el laboratorio, así como el uso de las TIC y las simulaciones computacionales interactivas PhET, el análisis de videos científicos y del tema a enseñar, también los problemas ricos en contexto y los problemas clásicos de la asignatura.

4. Habiendo transitado el estadio inicial de la organización previa de los temas centrales a enseñar mediante las situaciones-problema, se procede a la enseñanza progresiva de los nuevos temas tratando de dar una visión general, y ayudar al estudiante para que logre pasar de lo general a lo particular, resaltando los conceptos clave de la asignatura. La instrucción puede incluir la clase conferencia seguida de trabajo colaborativo entre pares, mesas de discusión y debate.

5. Se retoman los aspectos más generales del tema a enseñar pero de forma distinta, esto es, se provee a los estudiantes de una nueva presentación del tema pero más compleja y elaborada. También, la creación de nuevas situaciones-problema debe de aumentar en dificultad; buscando siempre la conexión con su entorno, tratar de desarrollar en los estudiantes una reconciliación integradora, esto es, que sepan identificar problemáticas y que puedan relacionarlas con las ya estudiadas. En la segunda presentación del tema se recomienda hacer actividades colaborativas, en donde se espera que los estudiantes

desarrollen habilidades sociales y construyan su conocimiento en una base de aprendizaje activo y colaborativo, que asuman posturas y negocien significados, todo esto con la mediación del profesor. Se sugieren actividades significativas como la elaboración de mapas conceptuales, o un diagrama de V de Gowin, resolución de problemas, demostraciones experimentales, ejecución de proyectos, entre otros.

6. Al terminar la Unidad, se realiza una nueva exposición en donde se resaltan los puntos más importantes del contenido pero buscando integrar conocimientos, esto es, reconciliar significados, yendo de lo general a lo particular. Esto puede realizarse utilizando diversos recursos didácticos, proponiendo y trabajando los contenidos pero de complejidad más elevada que en las veces anteriores. Se sugiere el trabajo colaborativo para la realización de las actividades de las situaciones-problemáticas, después presentarlas a todo el grupo y discutir las, siempre con el acompañamiento del profesor como un mediador.

7. La evaluación del aprendizaje de los estudiantes en la UEPS, debe de ser un proceso continuo que abarque todo el periodo de su realización, y debe ser realizado cuidadosamente por el profesor identificando los aprendizajes significativos logrados. La evaluación debe ser formativa pero también sumativa, en especial después del paso 6, donde se debe evaluar el grado de comprensión, dominio de significados, y capacidades de transferencia.

8. Finalmente, se determina si una UEPS es exitosa solo si efectivamente se consiguió que los estudiantes desarrollen aprendizajes significativos, lo cual se manifiesta con la captación de significados, la capacidad para explicar, la comprensión de conceptos y su aplicación para resolver nuevas situaciones-problema.

3.2.3 Las Clases Demostrativas Interactivas Significativas

En esta sección mostraremos una implementación didáctica para la enseñanza de la Ley de Ohm utilizando un diagrama V de Gowin para la enseñanza y aprendizaje de circuitos eléctricos serie, paralelo, en el marco del AA y el AS utilizando simulaciones computacionales interactivas PhET, en particular utilizando CDI y UEPS.

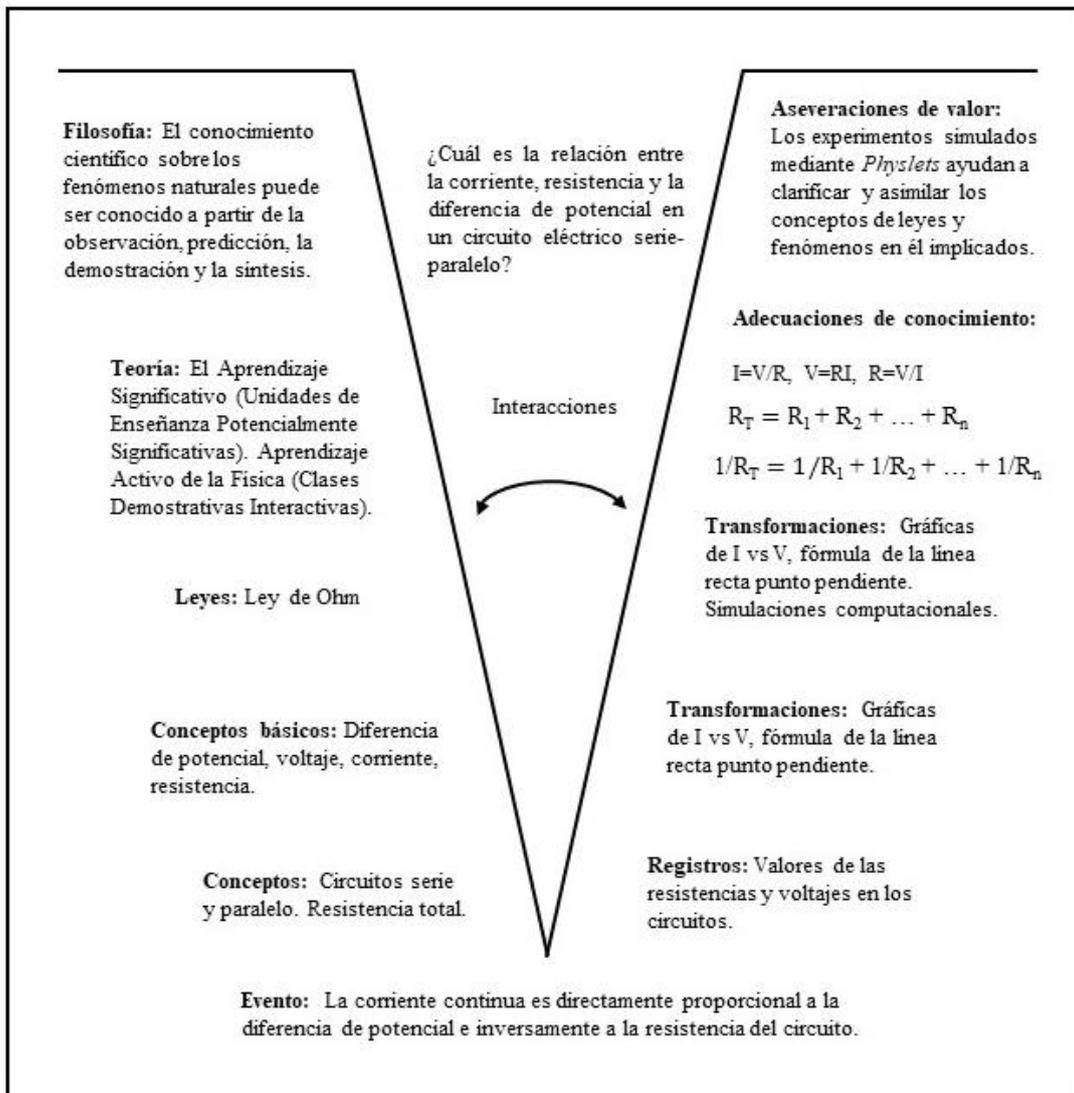


Figura 3.3 Diagrama V de Gowin para enseñar la ley de Ohm utilizando AA y AS mediante simulaciones computacionales interactivas PhET.

A continuación mostramos nuestra propuesta metodológica de enseñanza fundamentada en AA y AS mediante el uso de simulaciones PhET (Mora *et al.*, 2022):

Título: Clase Demostrativa Interactiva Significativa sobre Circuitos en Serie y Paralelo

Contexto: Esta unidad de enseñanza fue planificada y desarrollada para un curso de Física III, con duración de 6 horas (3 encuentros), ofrecido a estudiantes de Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, impartidas durante el ciclo escolar 2021-2022 en pleno final de la contingencia sanitaria del COVID-19.

Objetivo: Enseñar la ley de Ohm en circuitos serie y paralelo para estudiantes de Educación Media utilizando simulaciones PhET.

Secuencia: Se sugiere hacer las siguientes Demostraciones utilizando el simulador Phet.

1. Situación inicial: Explicar las relaciones eléctricas básicas en los circuitos en serie y en paralelo. Utilizar un amperímetro y un voltímetro para realizar lecturas en circuitos. Razonar para explicar las mediciones y las relaciones en los circuitos. Construir circuitos a partir de dibujos esquemáticos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

2. Situaciones-problema: Conectar un foco A a una batería perfecta (sin resistencia interna). Luego, añadir un Foco B (idéntico al Foco A) en serie con el Foco A. Después, comparar la brillantez del foco A con respecto al foco B. Medir y comparar la corriente en los puntos intermedios de los Focos A y B. Comparar la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A en el primer circuito con la diferencia de potencial a través

del Foco A en el circuito con los 2 Focos A y B en una configuración en paralelo. Hacer el mismo procedimiento anterior con 2 focos idénticos pero conectados en paralelo, esto es, comparar la brillantez de los Focos A y B. Comparar la corriente a través del Foco B con la corriente a través del Foco A conectados en paralelo. Con el switch cerrado, comparar la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A con la diferencia de potencial a través del Foco B. Comparar la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco B con la diferencia de potencial a través de la batería. (Tiempo estimado 1 h de duración).

3. Revisión: Revisar los conceptos de voltaje, corriente y resistencia eléctrica. Enfocarse en el concepto de ley de Ohm. Proponer el establecimiento de relaciones entre el concepto de diferencia de potencial, corriente y resistencia eléctrica. También se puede proponer la construcción de nuevas configuraciones de circuitos eléctricos en serie y paralelo más complejas, desde diseños 3D hasta 2D, de forma que puedan reducir las estructuras complejas a su expresión más sencilla de circuitos serie y paralelo. (Tiempo estimado 1 h de duración).

4. Nueva situación problema, con nivel más alto de complejidad: Se aumentará el número de focos en serie y paralelo (de 3 a 5 elementos) de forma tal que se comparará la brillantez de los Focos A, B, C,... E en cada arreglo serie y paralelo. De igual forma se medirá la diferencia de potencial en los diferentes Focos y las corrientes a través de ellos. Los Focos serán sustituidos por resistencias eléctricas de diversos valores y se conectarán en configuraciones serie y paralelo, y se calcularán y medirán las corrientes y caídas de voltaje en diferentes puntos de los circuitos. (Tiempo estimado 3 h de duración).

5. Evaluación sumativa individual: Esta actividad se realizará en una clase. Se propondrán preguntas abiertas en las que los estudiantes puedan expresar libremente su comprensión de la ley de Ohm y del análisis de circuitos eléctricos de corriente continua en serie y paralelo. Se realizarán preguntas, se pedirá algún esquema o diagrama que dé evidencias de aprendizaje significativo. (Tiempo estimado 1 h de duración).

6. Clase expositiva dialogada integradora final: Se retomará todo el contenido de la CDIS, repasar los casos, actividades y estrategias de utilizadas en las clases anteriores para destacar la importancia de la comprensión de cada uno de los puntos de la evaluación sumativa individual (5) para la formación científica del estudiante. Destacar la relación de la idea central con todos los tópicos abordados y con otros tópicos ya estudiados por los estudiantes. Destacar las dificultades del estudio y de la investigación del tema. (Tiempo estimado 1 h de duración).

7. Evaluación del aprendizaje en la CDIS: Se realizará una evaluación individual a través de preguntas abiertas sobre los conceptos abordados en la unidad sobre circuitos eléctricos serie paralelo de corriente directa. La actividad ocupará una clase. El profesor deberá registrar evidencias de aprendizaje significativo mediante la adquisición y dominio de niveles representacionales que los estudiantes. Además, estas representaciones deben ser articuladas y utilizadas para resolver situaciones-problema típicas de los circuitos eléctricos en serie y paralelo. Destacar la relación de la idea central con todos los tópicos abordados y con otros tópicos ya estudiados por los estudiantes. Enfatizar las dificultades del estudio y de la investigación del tema, la importancia de este conocimiento para la comprensión de los circuitos eléctricos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

8. Clase final y evaluación de la CDIS en el grupo: Se realizará un análisis de las respuestas a las preguntas propuestas en la evaluación individual ante todo el grupo. Se analizarán los comentarios finales integradores vertidos sobre el tema abordado. También se realizará una evaluación oral de los estudiantes sobre las estrategias de enseñanza utilizadas y sobre su aprendizaje. La actividad ocupará una clase. Las actividades de los estudiantes serán grabadas en audio, previa autorización de los mismos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

9. Evaluación de la CDIS: La CDIS sólo podrá ser considerada exitosa si hay un dominio progresivo del concepto de la ley de Ohm mediante la adquisición de diferentes niveles representacionales, debidamente articulados y generando significados para el análisis de circuitos eléctricos en serie y paralelo. Por consiguiente, se realizará un análisis cualitativo, por parte del profesor, sobre las evidencias que percibió, o no, de aprendizaje significativo de los conceptos de diferencia de potencia, corriente eléctrica y resistencia en circuitos eléctricos en serie y paralelo, en la evaluación individual y en la observación participante, así como de la evaluación de la CDIS realizada por los estudiantes en la última clase. (Tiempo estimado 30 min de duración).

Total estimado de duración: 6 horas

3.3 Los instrumentos de evaluación

En nuestro estudio buscamos evaluar la metodología de enseñanza CDIS mediante simulaciones PhET en el tema de circuitos eléctricos serie y paralelo de corriente

continua, así como el grado de satisfacción de los estudiantes al utilizar el simulador PhET de la Universidad de Colorado. Por consiguiente, utilizaremos la prueba conceptual ECCE como pre test y post test, además de un test de diferencial semántico.

3.3.1 La Evaluación Conceptual de Circuitos Eléctricos (ECCE)

David Sokoloff (1996) desarrolló en la Universidad de Oregon, la Evaluación Conceptual de Circuitos Eléctricos, la cual es un cuestionario de 45 reactivos para evaluar el conocimiento de los estudiantes de cursos elementales de física, acerca del entendimiento de los conceptos de corriente y de diferencia de potencial en circuitos eléctricos de corriente continua y de corriente alterna. El nivel educativo corresponde a bachillerato y primer año de universidad. Es un test de opción múltiple de 38 preguntas dedicadas a circuitos de corriente continua y 7 preguntas sobre circuitos de corriente alterna. El test ECCE está basado en resultados de investigación educativa y en especial sobre las respuestas de estudiantes de la Universidad de Washington a preguntas de respuesta larga administradas por el grupo de investigación de Lillian McDermott, y se tuvo cuidado de incluir respuestas que reflejen todos los modelos de circuitos conocidos por los estudiantes y expertos.

Al inicio del test, se utilizan reactivos relacionados a circuitos con lámparas conectadas en serie y/o paralelo, después se introducen circuitos resistivos, inductivos y capacitivos. Se presentan de 4 a 8 posibles respuestas a los diferentes reactivos, la versión completa del test se presenta en el Anexo I. En general, el test está diseñado para contestarse de forma cualitativa, de tal modo que se puedan explorar conceptos básicos

de electricidad y su aplicación a diferentes arreglos de elementos de los circuitos. Ya que el programa de estudios del bachillerato es muy limitado en cuanto a su extensión de temas, a lo más se llega a estudiar las leyes de Kirchoff y el análisis de circuitos resistivo-capacitivos, por consiguiente no se utilizará la versión completa.

Por consiguiente, optamos por utilizar una versión reducida del ECCE para evaluar nuestra estrategia educativa de la CDIS, con 15 preguntas elementales de opción múltiple con 5 posibles respuestas cada una para poder hacer el cálculo del parámetro de habilidad mediante el análisis de Rasch. La versión reducida traducida al español que hemos utilizado como pre test y post test, corresponde a la propuesta de Rodríguez (2019), la cual se muestra en el Anexo II. Se les explicó a los estudiantes, que la aplicación del pre test no tiene una afectación en la calificación del curso. Inicialmente, durante la fase final de la pandemia, en los primeros ensayos de la investigación, se les facilitó a los estudiantes un cuestionario elaborado mediante google forms, sin embargo, detectamos que al momento de llenarlo, los estudiantes en casa trataban de buscar las respuestas por internet, y un gran porcentaje dejaba inconcluso el cuestionario. Posteriormente, en el segundo semestre del ciclo escolar 2021-2022, tuvimos la oportunidad de aplicar el pre test y el post test en físico, y para fines de la investigación fue mejor tener la evidencia física de las respuestas para su posterior análisis estadístico.

3.3.2 El Diferencial semántico

En educación el uso de pruebas de diferencial semántico es importante, pues nos permite averiguar las creencias y actitudes tanto de estudiantes como de profesores. Este tipo de instrumentos utilizan preguntas que son evaluadas mediante una escala diferencial

semántica, la cual es un tipo de escala de calificación que mide las percepciones o actitudes de los encuestados hacia un tema específico a través de una serie de preguntas. Osgood *et al.* (1957), son los creadores de la primera escala para medir la dimensión afectivo-evaluativa de la actitud, y la actitud es considerada en el sentido de Thurstone (1975, p. 6), “una predisposición aprendida a responder a un objeto dado de una forma consistentemente favorable o desfavorable”. Por esta razón, la escala de diferencial semántico es multigrada ya que se utilizan parejas de adjetivos como “mucho-poco”, “bueno-malo”, “de acuerdo-en desacuerdo”, etc. A esta técnica de evaluación se le llamó de diferencial semántico, precisamente por el sentido de las parejas de adjetivos que difieren en significado o que son contrarias, lo cual permite medir la respuesta afectiva de distintos sujetos a esos adjetivos en particular.

Posteriormente, Fishbein & Raven (1962), modificaron la técnica de Osgood y colaboradores, escogiendo una serie de parejas de palabras que denotan grados de creencia en la existencia de un objeto (tales como “verdadero-falso”, “posible-imposible”), y también parejas de palabras que muestran actitudes a favor o en contra de un objeto (ya sea, “agradable-desagradable”, “benéfico-dañino”). A final de cuentas, la escala de calificación del diferencial semántico permite a las personas u organizaciones medir los significados emotivos de las palabras en ciertos contextos predeterminados. Villoro (2019), señala que creencia y actitud son aspectos realmente distintos del sujeto, y que el desarrollo de las pruebas de diferencial semántico logra demostrar empíricamente esta distinción.

Para nuestro caso utilizamos la prueba de diferencial semántico propuesta por Orlaineta (2012), con el fin de conocer las actitudes de los estudiantes hacia la utilización de simulaciones interactivas PhET. En la siguiente figura se muestra la estructura de la prueba:

Tabla 3.1 Prueba de diferencial semántico para estudiar las creencias de los estudiantes respecto al uso de las simulaciones computacionales PhET.

<p>¿Cuál es tu opinión sobre el empleo de las simulaciones PhET para estudiar circuitos eléctricos de corriente continua?</p> <p>Marca con una cruz el espacio que mejor indique tu opinión.</p>								
Aburrido	1	2	3	4	5	6	7	Divertido
Fácil	1	2	3	4	5	6	7	Difícil
Inútil	1	2	3	4	5	6	7	Útil
Importante	1	2	3	4	5	6	7	Sin importancia
Incomprensible	1	2	3	4	5	6	7	Comprensible
Ahorra tiempo	1	2	3	4	5	6	7	Consume mucho tiempo
Desagradable	1	2	3	4	5	6	7	Agradable

3.3.3 El factor de ganancia del aprendizaje de Hake

Richard Hake (1998), introdujo la ganancia conceptual normalizada como una medida aproximada de la eficacia de un curso en la promoción de la comprensión conceptual, y se ha convertido en la medida estándar para informar las puntuaciones en los inventarios conceptuales basados en la investigación. En particular Hake realizó su estudio con 6542 estudiantes de diversas poblaciones de escuelas secundarias, colegios y universidades. Estaba interesado en revisar los resultados del test *Force Concept Inventory* (FCI) y analizar el impacto de los cursos de compromiso interactivo, encontrando en su meta-análisis que los resultados eran mejores que los cursos donde no había tal compromiso. Posteriormente en 2002 publicó un artículo basado en su estudio de 1996, y lo tituló

“Lecciones desde el esfuerzo de reforma de Educación en Física”, en donde presentó seis lecciones de “compromiso interactivo” para tratar de estimular más efectivamente la educación en la escuela preparatoria y en la universidad. Cinco años después (Hake, 2007) propuso revisar y actualizar esas lecciones desde un punto de vista del estado presente de la reforma educativa en física y en otras disciplinas.

Hake definió la ganancia conceptual normalizada promedio como:

$$\langle g \rangle = \frac{\langle \text{post} \rangle - \langle \text{pre} \rangle}{100 - \langle \text{pre} \rangle}, \quad (3.1)$$

en donde los paréntesis indican los promedios de clase. Esta medida se describe comúnmente como la cantidad que aprendieron los estudiantes (la ganancia promedio real), dividida por la cantidad que podrían haber aprendido (la ganancia promedio máxima posible) y así permite comparar el grado de logro académico de la metodología de enseñanza utilizada. Los rangos de la ganancia conceptual de Hake están entre 0 y 1, y se considera: 1) baja cuando g es menor que 0,3, media cuando g está entre 0.3 y 0.7, y alta cuando g es mayor o igual que 0.7. La ganancia conceptual normalizada promedio de Hake g para el grupo, se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$H_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i. \quad (3.2)$$

La ventaja de la ganancia normalizada de Hake es que, esta medida permite un análisis consistente sobre diversas poblaciones de estudiantes con estados iniciales de conocimiento muy variados. Es decir, parece ser independiente de la población o de los puntajes de las pruebas previas, lo que permite a los instructores comparar el aprendizaje de sus estudiantes con el de otros estudiantes en tipos de instituciones muy diferentes,

recordemos que el estudio de Hake se dio con estudiantes que realizaron el FCI en secundarias, preparatorias y universidades.

Sin embargo, después Coletta y Phillips (2005) cuestionaron la independencia de la ganancia normalizada y la preparación de los estudiantes, y encontraron una correlación positiva significativa entre las ganancias del FCI normalizadas promedio de la clase y las puntuaciones previas a la instrucción promedio de la clase. Pero un meta análisis posterior de las puntuaciones del FCI y del FMCE (Von Korff *et al.*, 2016) no encontró una correlación entre las puntuaciones previas a la prueba y las ganancias normalizadas en la literatura publicada.

Una desventaja de la ganancia conceptual normalizada se puede ver en lo relacionado a las escuelas que tienen un alto índice de deserción, porque no mide el aprendizaje de los estudiantes que abandonaron el curso y tiende a inflar la percepción de efectividad de un curso en el que la mayoría de los estudiantes que habrían obtenido calificaciones bajas en la prueba posterior abandonaron el curso. Por otro lado, según Miller *et al.* (2010), la ganancia conceptual normalizada supone implícitamente que las pérdidas son cero y no tiene en cuenta a los estudiantes que obtienen una puntuación más baja en la prueba posterior y en la prueba previa. Sin embargo, demostraron que las pérdidas son bastante comunes. Su investigación no fue concluyente sobre si estas pérdidas representan pérdidas conceptuales reales, o si resultan de conjeturas correctas en la prueba previa que, por casualidad, se volvieron incorrectas en la prueba posterior.

No obstante las objeciones que tenga la ganancia conceptual de Hake, se han utilizado cálculos alternativos tales como tomar la ganancia de cada estudiante individual y luego promediar, en lugar de calcular la ganancia a partir de los puntajes promedio previos y posteriores de la clase. Para obtener una información más personalizada de los estudiantes utilizaremos el análisis de Rasch, pero para obtener una visión global de la efectividad de nuestra estrategia didáctica de las CDIS, la ganancia conceptual de Hake nos da una buena aproximación general.

3.3.4 El Factor de Concentración de Bao-Redish

El modelo de Lei Bao y Edward Redish (2011), es otra aproximación interesante para evaluar el conocimiento de los estudiantes cuando se utilizan cuestionarios de opción múltiple, pues consideran que al concentrarse las respuestas en cierta similitud sean correctas o incorrectas, ayudan a modelar el entendimiento de los estudiantes ya que su conocimiento se organiza en patrones dependientes de contextos productivos de asociación que finalmente refirieren a esquemas. Sin embargo, la información obtenida de los test será útil solo si la prueba se diseña cuidadosamente con una buena comprensión de los esquemas de los estudiantes involucrados con cada concepto. Al tener una distribución de concentración de respuestas, el factor de Bao-Redish nos permitirá identificar si dicha distribución es positiva o negativa, es decir, que la concentración sea alta con puntaje alto o negativa en el caso en que la concentración sea alta con puntaje bajo. Bao & Redish definieron el factor de concentración C , en función de la respuesta del estudiante que toma un valor en el intervalo entre cero y uno. Se puede obtener una gráfica combinando el puntaje (S) y el factor de concentración (C), para mostrar la puntuación y los resultados de concentración de las preguntas individuales de opción múltiple. Debido a la restricción entre la puntuación y el factor de concentración, los

puntos de datos solo pueden existir en el área entre las dos líneas de límite, y de esa forma definir diferentes regiones de concentración las cuales denotarán esquemas de los estudiantes.

El factor de concentración está definido como

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m-1}} \left[\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right], \quad (3.3)$$

en donde m es el número de opciones de respuesta a determinada pregunta, n_i es el número de estudiantes que eligieron la respuesta i de la pregunta y N es el número total de estudiantes que realizan el test. Por otro lado, el puntaje S del test se encuentra mediante la fórmula:

$$S = \frac{A_i}{A}, \quad (3.4)$$

en donde A_i es el número de estudiantes que acertaron en la solución de una pregunta determinada, y A es el número total de estudiantes que intentaron responder la pregunta.

En la Tabla 3.2, se presentan algunas posibles distribuciones de las respuestas de los estudiantes para cierta pregunta. Los tipos de distribuciones que se muestran aquí representan diferentes concentraciones de las soluciones de los estudiantes.

Tabla 3.2 Niveles de puntaje y concentración.

Puntaje (S)	Nivel	Concentración (C)	Nivel
0.0 – 0.4	Bajo (B)	0.0 – 0.2	Bajo (B)
0.4 – 0.7	Medio (M)	0.2 – 0.5	Medio (M)
0.7 – 1.0	Alto (A)	0.5 – 1.0	Alto (A)
0.0 – 0.4	Bajo (B)	0.0 – 0.2	Bajo (B)

Por lo general, un test de opción múltiple basado en investigación educativa tiene una respuesta correcta y uno o más distractores, al responder este tipo de pruebas, si los estudiantes obtienen puntuaciones bajas, sus respuestas suelen estar uniformemente distribuidas entre los diferentes distractores o concentrados en uno o dos de los distractores. Combinando el factor C con los puntajes, se pueden mostrar los diferentes tipos de respuestas. Bao & Redish (2011), las describen usando las siguientes categorías:

-Modelo de una respuesta: La mayoría de las respuestas se concentran en una elección (no necesariamente la correcta). Esta situación es típica para un tipo de respuesta BA (baja-alta) o una AA (alto-alto). En un caso de BA, los estudiantes tienen puntajes bajos y la mayoría de ellos eligió el mismo distractor. Por lo tanto, podría considerarse como un fuerte indicio de que la pregunta desencadena un modelo incorrecto común del estudiante.

-Modelo de dos respuestas: La mayoría de las respuestas se concentran en dos opciones, a menudo una correcta y otra incorrecta. Esta situación ocurre cuando muchas de las respuestas se concentran en dos opciones. Si una de las dos es la respuesta correcta, el tipo de respuesta es una MM (medio-medio); si ambas opciones son incorrectas, el tipo de respuesta será una BM (bajo-medio). Este tipo de respuesta indica que un número significativo de estudiantes utiliza uno o dos modelos incorrectos dependiendo de la estructura de las preguntas. A veces, dos respuestas incorrectas pueden ser el resultado de un solo modelo incorrecto.

-Sin modelo: Las respuestas se distribuyen de manera algo uniforme entre tres o más opciones. Esta situación ocurre cuando las respuestas de los estudiantes se distribuyen algo uniformemente sobre 3 o más de las opciones. El patrón de respuesta suele ser uno BB (bajo-bajo). Esto implica que la mayoría de los estudiantes no tienen una fuerte

preferencia por ningún modelo sobre este tema y las respuestas se acercan a los resultados de las conjeturas aleatorias.

Para su mejor presentación, estas tres categorías se enlistan en la siguiente tabla:

Tabla 3.3 Codificación de las respuestas de los estudiantes en una sola pregunta con un patrón de respuesta. Se muestran patrones de respuesta típicos cuando se utiliza el sistema de codificación de tres niveles.

Tipo de modelo	Caso	Implicaciones de los patrones
Modelo de una respuesta	AA	Un modelo correcto
	BA	Un modelo incorrecto dominante
Modelo de dos respuestas	BM	Dos posibles modelos incorrectos
	MM	Dos modelos populares
Sin Modelo	BB	Situación casi aleatoria

En la figura 3.4 se muestran las diferentes regiones de acuerdo al puntaje de las respuestas de los estudiantes vs. el factor de concentración.

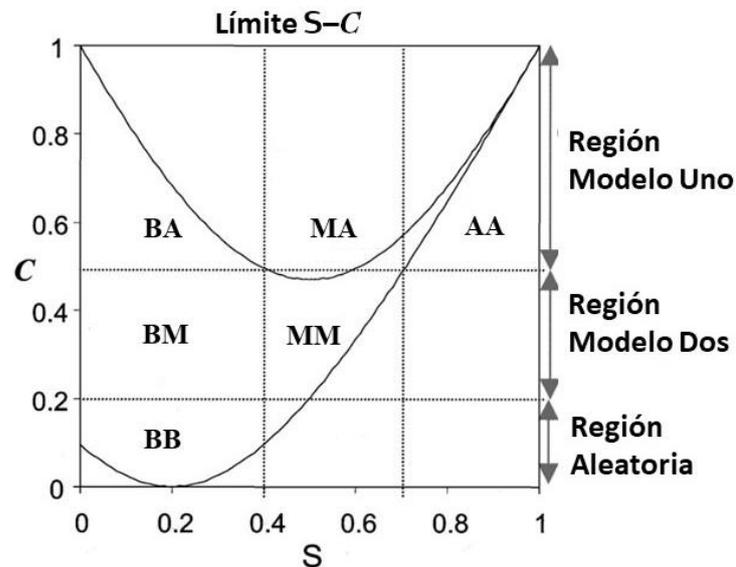


Figura 3.4 Diagrama general de las regiones de los tres modelos de Bao-Redish para mostrar la puntuación y los resultados de concentración de múltiples preguntas de elección.

3.3.5 Análisis de Rasch

El matemático danés Georg Rasch (1960), publicó sus trabajos sobre un modelo dicotómico en el marco de la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI), en parte como resultado de su investigación para encontrar los perfiles psicológicos de los candidatos a reclutas del Servicio de Psicología Militar. La palabra “dicotómico” se refiere a que cada ítem se califica como correcto o incorrecto (0 o 1), y la idea central de la TRI es que la probabilidad de cierta reacción de un sujeto a un estímulo puede ser descrita como una función que caracteriza la ubicación del sujeto en un rasgo latente más uno o más parámetros que caracterizan el estímulo, esto es, al aplicar un test se busca determinar qué relación existe entre la calificación obtenida del sujeto, y una característica o rasgo no observable que se está estudiando en ese sujeto. En el caso específico de la educación, al tratar de evaluar el conocimiento de los estudiantes, utilizamos un test de opción múltiple, los cuales van aumentando de complejidad y en el proceso de analizar el puntaje de los estudiantes, encontramos diversas situaciones, ya sea errar todas respuestas, acertar solo algunas o en su defecto, acertar todas las preguntas, pero ¿realmente se puede estar seguro de que ese resultado corresponde a un estudiante que no sabe nada, sabe un poco o todo lo sabe? Para poder responder esta pregunta con certeza, con el menor error posible, surgió la psicometría basada en la Teoría Clásica de los Test (TCT) y la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI). A la TCT se le conoce también como Teoría del Error de Medición. Dentro de cada teoría hay una gran cantidad de modelos que pretenden dar validez y fiabilidad. En la TRI el modelo de Rasch es uno de los más sencillos y exitosos. Los modelos de respuesta a ítems normalmente aplican una función matemática para modelar la probabilidad de la respuesta de un estudiante a un ítem. La probabilidad es una función del nivel de “habilidad” del estudiante. En la Figura 3.5 se muestra la gráfica

de la función de probabilidad que generalmente se conoce como curva característica del ítem (ICC), y generalmente tiene una forma de “S”.

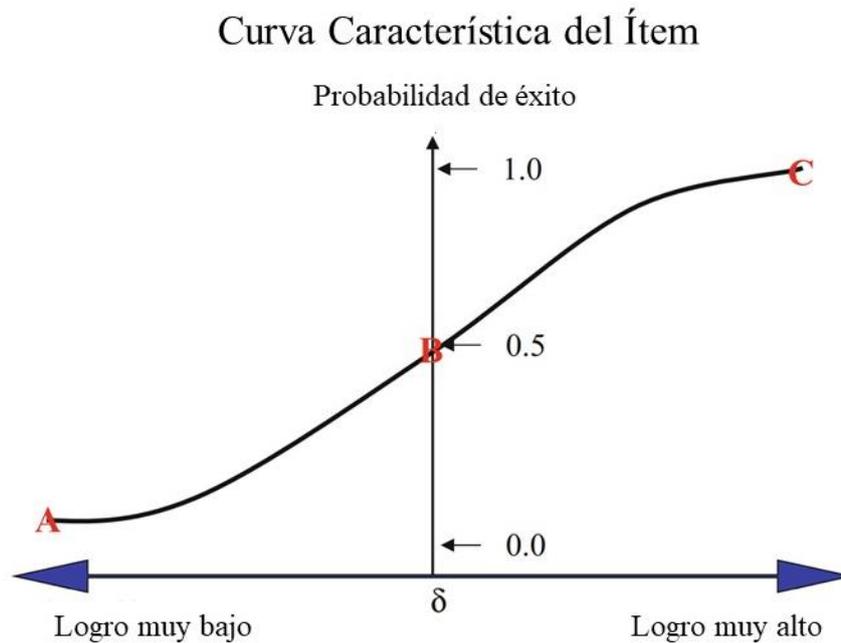


Figura 3.5 Ejemplo de una Curva Característica del Ítem.

En el caso del modelo de Rasch (1960), la función matemática de la curva característica del ítem para un ítem dicotómico suele estar dada por (Wu *et al.*, 2016):

$$p = P(X = 1) = \frac{e^{\theta - b}}{1 + e^{\theta - b}}, \quad (3.5)$$

donde X es una variable aleatoria que indica éxito o fracaso en el ítem, con $X = 1$ indica éxito (o una respuesta correcta) en el ítem, y $X = 0$ indica falla (o una respuesta incorrecta) en el ítem. θ es un parámetro de persona que denota la habilidad de la persona en la escala de variable latente, y b es un parámetro de ítem, generalmente llamado dificultad del ítem, en la misma escala de variable latente. El modelo de Rasch a veces se denomina modelo de un parámetro (1PL), ya que la función de la Eq. (3.5), cuando se expresa como una función de la capacidad θ , tiene un parámetro, a saber, el parámetro delta (b).

La ecuación (3.5) muestra que la probabilidad de éxito en un ítem es una función de la diferencia entre la habilidad de una persona y la dificultad del ítem. Cuando la habilidad es igual a la dificultad del ítem, la probabilidad de éxito es 0.5.

Al reorganizar los términos y luego de tomar el logaritmo en ambos lados de la ecuación (3.5), es fácil demostrar que

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \theta - b. \quad (3.6)$$

La ecuación (3.6) muestra que $\theta - b$, la distancia entre la habilidad de una persona y la dificultad del ítem, se expresa como el logaritmo de las probabilidades de éxito de la persona en el ítem. El término probabilidades es la relación entre la probabilidad de éxito y la probabilidad de fracaso. Como resultado, la unidad de medida de la escala de habilidad y dificultad de los ítems se conoce generalmente como “logit”, una contracción de “logaritmo de la unidad de probabilidades”.

Además, si uno interpreta p como el porcentaje de ítems con dificultad b respondidos correctamente por estudiantes con habilidad θ , uno puede pensar en $\log(p/1-b)$ como una transformación de p (porcentaje correcto) y esta puntuación transformada está en la escala logit ($=\theta - b$). De esta manera, el puntaje de habilidad en logits puede verse como una transformación del porcentaje correcto, de la misma manera que otros puntajes escalados que son transformaciones de los puntajes brutos. De hecho, en algunos programas de software IRT, los valores iniciales para las estimaciones de dificultad de los ítems a menudo se establecen como $\log(p/1-b)$ en donde p es el porcentaje de

estudiantes que obtuvieron la respuesta correcta en un ítem. De manera similar, $\log(p/1-b)$ puede usarse como valores iniciales para las estimaciones de la capacidad de la persona, donde p es el puntaje de la prueba de un estudiante expresado como el porcentaje de preguntas respondidas correctamente.

En la actualidad hay varios modelos de Rasch tanto dicotómicos como politómicos (Rost, 2001). La Ec. (3.5) puede escribirse en una forma más general como:

$$P(X_{ij} = 1 | \theta_i, \delta_j) = \frac{\exp(\theta_i - \delta_j)}{1 + \exp(\theta_i - \delta_j)}. \quad (3.7)$$

Cuando un estudiante contesta una pregunta, podemos decir que tiene la posibilidad de responder correctamente a la pregunta dependiendo de su nivel de conocimiento sobre el tema de la pregunta. La probabilidad también dependerá del grado de dificultad que tenga la pregunta. De esta forma, se tiene una visión doble e independiente, sobre cuál es la probabilidad de responder con éxito a la pregunta del test. Lo cual dependerá por un lado de un parámetro de dificultad, y por otro de un parámetro independiente de habilidad del estudiante que responda la pregunta (Sánchez & Mora, 2021). Por consiguiente, en el modelo de Rasch la probabilidad de que un estudiante responda correctamente una pregunta, está en función de su habilidad, es decir, es mayor para un estudiante que tenga mayor habilidad. Por otro lado, la probabilidad de que un estudiante responda correctamente una pregunta, es mayor para una pregunta fácil que para una difícil.

Utilizando la propiedad multiplicativa de los exponentes, la Ec. (3.7) se puede reescribir como

$$P(X_{ij} = 1 | \theta_i, \delta_j) = \frac{\exp(\theta_i) \exp(-\delta_j)}{1 + \exp(\theta_i) \exp(-\delta_j)}. \quad (3.8)$$

Suponiendo que hay $i = 1, \dots, N$ estudiantes con parámetros de habilidad θ_i , y suponiendo que el test tiene $j = 1, \dots, M$ preguntas con parámetros de dificultad δ_j , entonces la probabilidad de que el estudiante i tenga la respuesta correcta a la pregunta o ítem j *ésimo* es $P(X_{ij} = 1 | \theta_i, \delta_j)$. Dada una dificultad fija de la pregunta o ítem δ_j , podemos calcular la curva de probabilidad (Fig. 3.5), en función del parámetro de habilidad del estudiante θ_i .

3.4 El proyecto PhET de simulaciones computacionales interactivas

El uso de las simulaciones computacionales para la enseñanza de la física no es tema nuevo, pues desde las décadas finales del siglo pasado dicho tema cobró relevancia (López *et al.*, 2016; Velasco & Buteler, 2017; Tao & Gunstone, 1999; Wilson & Redish, 1989). El surgimiento de nuevos lenguajes de programación como Java dio un gran impulso a las simulaciones computacionales. Así como el surgimiento de software educativo a finales de los 80s como Interactive Physics⁴, y sitios web que recopilaban gran cantidad de applets de física como el sitio web de Ángel Franco, Curso Interactivo de Física en Internet⁵. La gran tendencia a utilizar la tecnología computacional para modelar experimentos físicos para la enseñanza, como los Physlets en javascript, y los nuevos sistemas operativos para computadoras, tablets y teléfonos celulares, que requerían actualizaciones de diseño y lenguaje para poder funcionar en internet, fue el preámbulo de diferentes proyectos educativos como el de PhET⁶ en la Universidad de

⁴ <http://www.interactivephysics.com/>

⁵ <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/>

⁶ <https://phet.colorado.edu/es/>

Boulder Colorado, en 2002. Este proyecto fue financiado por el físico Carl Wieman, con parte del dinero del premio Nobel de física de 2001. Inicialmente el proyecto se enfocó a simulaciones de física, y siguió creciendo hasta incluir otras ciencias como la química, las matemáticas, ciencias de la Tierra y la biología. El equipo de especialistas de PhET está compuesto por especialistas del más alto nivel en ciencias, ingeniería y educación. Una de las principales premisas de dicho proyecto es que las simulaciones se basan en la investigación educativa, esto es, en cómo aprenden los estudiantes (Wieman *et al.*, 2010). Además de que tales simulaciones, se han traducido a diversos idiomas y son de uso gratuito. Se pueden ejecutar en línea, pero también se tiene la ventaja de poder descargar el simulador y realizar diversas simulaciones interactivas sin necesidad de tener una conexión a internet. Además de que son muy amigables a los usuarios y el proyecto PhET después de veinte años de operación, sigue en curso. Actualmente, han enrolado a profesores de diferentes países para revisar, actualizar, adecuar y diseñar nuevas simulaciones interactivas.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo presentaremos los resultados de la aplicación de la Clase Demostrativa Interactiva Significativa utilizando simulaciones computacionales interactivas PhET, y discutiremos los mismos para comparar el logro académico obtenido con respecto a la metodología tradicional de enseñanza y tener un fundamento riguroso para poder responder a nuestras preguntas de investigación. Se mostrarán diversos análisis tales como el cálculo del factor de ganancia del aprendizaje de Hake, y el factor de concentración de Bao-Redish, así como el cálculo de los parámetros de dificultad y las curvas de respuesta al ítem de Rasch, el cálculo de la t de student y un cuestionario del tipo de diferencial semántico.

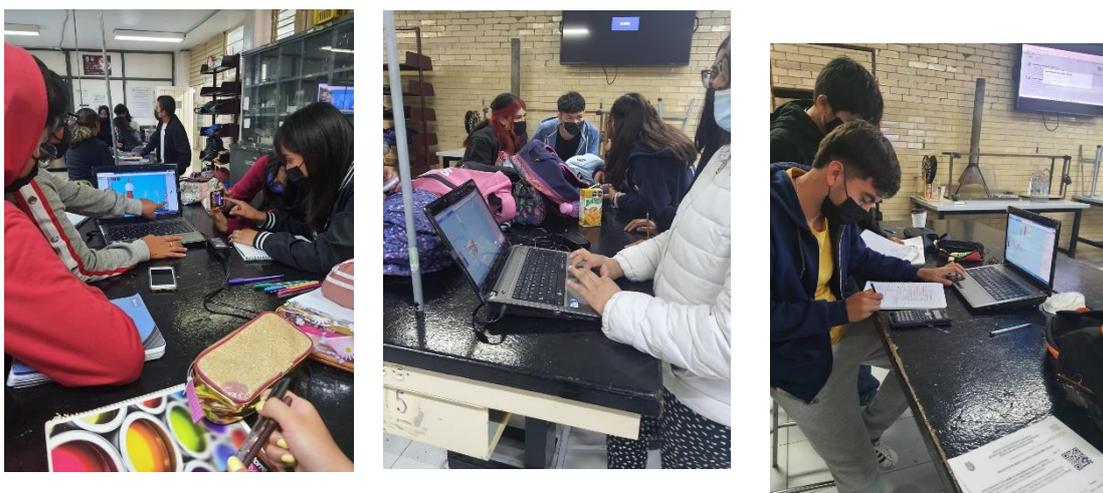


Figura 4.1 Estudiantes del grupo experimental 5IM13 realizando algunas actividades experimentales con simuladores computacionales.

4.1 Resultados del pre test y post test de los Grupos 5IM13 y 5IM18

Tal como fue señalado en el capítulo anterior, el test validado que escogimos como pre test fue una selección de 15 reactivos de opción múltiple, con cinco posibles respuestas pero solo una correcta, del ECCE (Sokoloff, 1996). Es las siguientes tablas se muestran las respuestas detalladas por cada uno de los estudiantes de los grupos 5IM13 y 5IM18.

Tabla 4.1 Respuestas del pre test (a) y post test (b) de los estudiantes del grupo control **5IM18**.

(a)	A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
	A1	1	2	1	3	4	4	1	4	3	5	5	1	2	4	3
	A2	1	2	1	3	2	4	1	3	4	2	5	2	1	1	5
	A3	2	1	1	1	3	2	2	5	3	5	1	4	2	3	4
	A4	5	1	1	1	5	4	5	1	4	2	1	3	1	2	3
	A5	1	4	2	3	3	2	2	2	5	4	3	5	3	3	4
	A6	3	1	2	1	2	4	1	3	1	1	3	5	4	4	5
	A7	4	1	4	4	4	5	5	4	3	4	2	3	5	2	4
	A8	2	1	4	4	2	4	1	1	3	5	4	4	1	1	5
	A9	2	2	1	3	5	3	5	2	3	5	2	2	2	4	4
	A10	3	1	2	4	5	2	2	5	5	1	4	5	3	3	5
	A11	4	3	4	4	2	4	1	3	5	1	1	1	5	2	4
	A12	5	3	5	4	2	4	1	3	5	5	2	3	1	3	3
	A13	5	4	5	1	5	3	5	1	1	3	4	4	2	4	4
	A14	2	1	3	5	5	4	2	2	4	2	5	1	3	3	5
	A15	2	4	5	4	4	2	5	3	3	4	1	2	4	2	1
	A16	2	4	1	4	4	4	5	4	3	5	2	5	1	1	2
	A17	2	1	1	4	4	3	2	5	2	1	4	3	3	4	4
	A18	1	3	2	2	1	4	5	1	1	5	4	3	4	1	4
	A19	1	1	3	1	3	4	2	1	3	1	1	4	3	1	4
	A20	1	1	4	1	5	3	3	2	3	3	1	1	2	4	5
	A21	3	1	4	4	4	2	4	1	4	2	2	5	1	4	4
	A22	2	1	5	4	3	4	5	3	4	5	4	4	4	2	5
	A23	2	1	5	1	1	3	2	2	1	4	5	2	3	3	4

(b)	A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
	A1	2	3	4	4	2	4	1	3	4	2	3	5	5	1	4
	A2	2	1	1	4	2	4	1	3	4	4	1	2	4	3	4
	A3	4	3	1	4	2	4	2	2	5	2	3	5	5	2	4
	A4	3	1	1	1	5	5	2	2	3	2	1	1	2	5	3
	A5	5	1	1	1	3	5	5	1	5	1	3	5	1	4	5
	A6	5	1	4	4	4	4	1	3	4	4	1	3	3	3	5
	A7	4	3	2	4	2	4	1	3	4	2	3	5	5	2	4
	A8	1	1	5	3	5	2	2	2	3	5	4	4	2	1	3
	A9	1	1	5	3	3	4	1	3	4	2	1	1	1	5	5
	A10	1	1	4	4	4	5	5	1	5	1	4	2	4	4	4
	A11	4	3	1	4	2	4	1	3	3	2	3	5	5	2	4
	A12	2	1	1	1	5	2	1	3	4	2	3	4	3	1	5
	A13	2	1	1	1	3	4	1	3	3	2	3	5	1	3	3
	A14	2	3	1	1	2	4	2	4	1	5	5	2	5	4	4
	A15	3	1	2	4	5	5	1	3	4	4	5	2	2	5	3
	A16	1	3	2	4	3	4	1	3	4	2	3	5	4	1	5
	A17	1	1	1	4	5	4	5	5	3	5	5	1	5	2	4
	A18	1	3	4	2	5	4	2	1	3	2	3	5	5	2	4
	A19	1	1	1	4	4	2	1	3	4	4	5	1	3	3	4
	A20	2	3	4	4	2	4	1	2	5	2	3	5	5	2	4
	A21	2	1	1	1	5	5	5	5	3	3	1	3	1	4	5
	A22	3	3	4	4	4	4	1	3	4	2	3	4	5	2	4
	A23	5	1	5	3	5	4	1	3	3	2	3	5	5	2	4

Tabla 4.2 Respuestas del pre test (a) y post test (b) de los estudiantes del grupo experimental **5IM13**.

(a)	A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
	A1	1	2	1	1	3	2	2	1	1	3	4	1	1	4	5
	A2	3	1	1	4	2	2	2	3	1	4	4	1	1	1	5
	A3	4	1	2	1	1	2	1	2	1	1	3	1	2	1	4
	A4	1	1	5	5	1	3	5	4	1	5	1	2	4	4	4
	A5	1	4	3	1	3	4	5	1	1	1	1	2	3	3	5
	A6	4	3	4	4	4	4	1	3	4	2	1	5	5	4	4
	A7	3	1	1	1	5	5	3	2	5	2	1	5	4	3	5
	A8	2	1	1	2	4	4	3	1	5	5	4	3	3	4	5
	A9	2	2	1	1	3	1	3	5	3	5	5	4	3	1	5
	A10	5	1	2	5	5	4	5	4	1	1	2	3	1	2	4
	A11	3	1	1	5	4	5	5	3	1	1	1	4	2	2	4
	A12	5	2	1	3	3	4	5	3	1	2	1	1	1	1	5
	A13	5	4	2	3	4	3	2	3	4	5	1	1	1	1	4
	A14	1	3	4	3	2	4	2	3	4	5	3	2	5	2	4
	A15	2	3	1	4	2	4	1	3	4	2	3	4	4	1	4
	A16	4	2	4	4	5	4	1	3	4	2	3	5	1	1	5
	A17	2	2	5	1	5	5	1	1	3	5	3	5	3	2	4
	A18	2	1	1	5	4	2	5	1	1	5	2	3	4	5	4
	A19	5	1	1	1	3	4	5	2	2	1	2	4	3	5	4
	A20	3	4	5	1	4	3	2	2	1	3	4	3	4	1	5
	A21	2	3	1	4	2	4	1	2	4	3	3	4	1	2	5
	A22	2	1	1	5	5	3	1	3	1	2	1	3	1	3	5
	A23	3	1	1	5	5	5	5	2	1	2	1	4	1	3	4
	A24	5	2	1	4	5	3	5	3	1	4	1	4	4	1	4
	A25	5	1	1	5	1	4	1	1	5	5	1	5	4	2	4

(b)	A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
	A1	1	1	1	3	3	4	1	3	1	2	4	5	5	4	5
	A2	4	3	4	4	2	4	1	3	1	2	3	5	5	4	4
	A3	1	2	1	1	1	4	1	3	4	2	4	5	5	1	4
	A4	5	1	5	4	5	1	2	3	4	2	3	5	4	2	4
	A5	2	1	1	5	4	2	1	3	4	2	1	4	4	2	4
	A6	4	3	4	4	2	4	1	3	4	2	1	2	1	2	4
	A7	3	3	2	2	4	4	1	1	4	3	1	3	1	1	5
	A8	1	1	2	1	2	4	2	2	4	2	3	5	1	2	4
	A9	2	2	1	1	3	4	2	1	4	2	3	5	1	2	5
	A10	1	3	1	5	2	4	2	3	2	2	3	5	3	2	4
	A11	4	3	4	4	2	4	1	2	4	2	3	5	3	2	4
	A12	5	1	4	3	3	2	1	3	4	2	1	5	5	4	4
	A13	3	1	1	5	5	4	1	3	4	1	3	4	5	2	4
	A14	4	3	4	4	2	4	1	3	4	2	3	5	5	2	4
	A15	2	3	4	1	5	4	2	1	1	1	3	4	5	2	4
	A16	4	3	4	4	4	4	2	3	4	2	3	5	5	2	5
	A17	5	1	4	4	2	4	1	3	4	2	3	5	5	5	4
	A18	5	1	1	4	2	3	1	3	5	1	3	5	5	1	4
	A19	2	1	1	1	2	3	1	3	4	2	3	5	5	2	4
	A20	2	3	4	4	4	4	1	3	4	1	3	5	1	2	4
	A21	4	3	4	4	3	4	1	3	4	2	1	5	2	2	4
	A22	5	3	1	4	5	4	2	3	5	2	3	4	5	4	4
	A23	5	3	4	4	2	4	1	3	4	1	3	4	5	2	4
	A24	5	3	1	5	4	4	1	3	4	2	3	5	5	2	5
	A25	5	3	1	5	4	4	1	3	4	2	3	5	5	2	4

El test ECCE está disponible en el Apéndice 2. Ahora presentaremos las respuestas de los estudiantes de ambos grupos, desglosadas por cada pregunta.

Tabla 4.3 Respuestas del pre test y post test por cada pregunta, grupo experimental **5IM18**.

(a) Grupo 5IM18 Pregunta	Pre test respuestas por pregunta				
	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅
1	6	9	3	2	3
2	10	4	4	4	1
3	7	4	2	5	5
4	7	1	4	10	1
5	2	5	4	6	5
6	0	5	5	12	1
7	6	7	1	1	8
8	6	5	6	3	3
9	4	1	9	5	4
10	5	4	2	4	8
11	6	5	2	6	4
12	4	4	5	5	5
13	6	5	6	4	2
14	5	5	6	7	0
15	0	1	2	11	9
Suma	74	65	61	85	59
Promedio	4.9	4.3	4	5.6	3.9

(b) Grupo 5IM18 Pregunta	Post test respuestas por pregunta				
	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅
1	7	7	3	3	3
2	14	0	9	0	0
3	11	3	0	6	3
4	6	1	3	13	0
5	0	7	4	4	8
6	0	3	0	15	5
7	14	5	0	0	4
8	3	4	13	1	2
9	1	0	8	10	4
10	2	14	1	5	3
11	5	0	12	3	3
12	4	5	2	2	10
13	4	3	3	4	9
14	4	8	4	4	3
15	0	0	4	13	6
Suma	74	60	66	83	63
Promedio	4.9	4	4.4	5.5	4.2

Tabla 4.4 Respuestas del pre test y post test por cada pregunta, grupo experimental **5IM13**.

(a) Grupo 5IM13 Pregunta	Pre test respuestas por pregunta				
	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅
1	4	7	5	3	6
2	13	6	3	3	0
3	14	3	1	4	3
4	8	1	3	6	7
5	2	4	5	6	7
6	1	4	5	11	4
7	8	5	3	0	9
8	6	6	10	2	1
9	13	1	1	6	4
10	5	7	3	2	8
11	11	3	6	4	1
12	5	3	5	6	6
13	8	3	5	6	3
14	10	5	4	4	2
15	0	0	0	14	11
Suma	108	58	59	77	72
Promedio	7.2	3.8	3.9	5.1	4.8

(b) Grupo 5IM13 Pregunta	Post test respuestas por pregunta				
	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅
1	5	5	2	6	7
2	9	2	14	0	0
3	10	2	0	12	1
4	5	1	2	12	5
5	1	10	4	6	4
6	1	2	2	20	0
7	18	7	0	0	0
8	3	2	20	0	0
9	3	1	0	19	2
10	4	19	1	0	1
11	5	0	18	2	0
12	0	1	1	5	18
13	1	1	2	2	19
14	3	17	0	4	1
15	0	0	0	20	5
Suma	68	70	66	108	63
Promedio	4.53	4.66	4.4	7.2	4.2

En ambas Tablas 4.3 y 4.4, se están remarcando con letra negrita las respuestas correctas de los estudiantes para facilitar su mejor manejo.

4.2 Análisis del factor de Hake

En este apartado calcularemos la ganancia normalizada de Hake, la cual es un parámetro que muestra en general la ganancia del aprendizaje de los estudiantes, pero evitando el contraste entre aquellos que puedan estar en mejores condiciones conceptuales que otros y que pertenecen al mismo conjunto o grupo académico. De acuerdo con Hake (1998), el nivel de logro se divide básicamente en tres regiones:

- 1) Para $g \leq 0.3$ se tiene *aprendizaje bajo*.
- 2) Para $0.3 \leq g \leq 0.7$ se tiene *aprendizaje medio*.
- 3) Para $g \geq 0.7$ se tiene *aprendizaje alto*.

Tanto Hake como otros autores (Dellwo, 2010), han señalado que la evaluación del aprendizaje es un tema recurrente y en ocasiones controvertido en la educación superior, y que la literatura está repleta de consejos contradictorios sobre la mejor manera de realizar una evaluación. Sin embargo, una conclusión importante basada en la intuición desde la perspectiva de Hake, es que cuando se comparan dos cursos, se tiene que el curso con el mayor valor de ganancia normalizada (g) es el curso más eficaz. Por su parte, Dellwo (2010), propuso hacer un análisis más extenso, añadiendo una pérdida de ganancia para incluir la probabilidad de que una respuesta correcta en la prueba previa a la instrucción del grupo se vuelva incorrecta en la prueba posterior a la instrucción. En nuestro estudio, consideraremos solo la ganancia normalizada.

4.2.1 Resultados del grupo control 5IM18

Utilizando la ecuación de Hake (3.1) (mostrada en el capítulo anterior), tenemos que para la metodología de instrucción tradicional en el tema de ley de Ohm y circuitos eléctricos, nuestro grupo control de control 5IM18 obtuvo los resultados detallados en la siguiente tabla.

Tabla 4.5 Ganancia de Hake individual por estudiante del grupo 5IM18.

Estudiante 5IM18	Respuestas correctas pre test	Respuestas correctas post test	%pre	%post	%post - %pre	100-%pre	Valor de g	Ganancia conceptual
A1	2	13	13.33	86.66	73.33	86.67	0.84	Alta
A2	6	7	40.00	46.66	6.66	60.00	0.11	Baja
A3	1	11	6.66	73.33	66.67	93.34	0.71	Alta
A4	4	1	26.66	6.66	-20.00	73.34	-0.27	Negativa
A5	3	2	20.00	13.33	-6.67	80.00	-0.08	Negativa
A6	6	6	40.00	40.00	0	60.00	0	Nula
A7	6	14	40.00	93.33	53.33	60.00	0.88	Alta
A8	5	0	33.33	0	-33.33	66.67	-0.49	Negativa
A9	1	5	6.66	33.33	26.67	93.34	0.28	Baja
A10	2	3	13.33	20.00	6.67	86.67	0.07	Baja
A11	11	13	73.33	86.66	13.33	26.67	0.49	Media
A12	6	5	40.00	33.33	-6.67	60.00	-0.11	Negativa
A13	1	6	6.66	40.00	33.34	93.34	0.35	Media
A14	3	5	20.00	33.33	13.33	80.00	0.16	Baja
A15	3	4	20.00	26.66	6.66	80.00	0.08	Baja
A16	3	9	20.00	60.00	40.00	80.00	0.5	Media
A17	2	5	13.33	33.33	20.00	86.67	0.23	Baja
A18	3	9	20.00	60.00	40.00	80.00	0.5	Media
A19	2	5	13.33	33.33	20.00	86.67	0.23	Baja
A20	1	12	6.66	80.00	73.34	93.34	0.78	Alta
A21	6	0	40.00	0	-40.00	60.00	-0.66	Negativa
A22	5	12	33.33	80.00	48.67	66.67	0.73	Alta
A23	1	9	6.66	60.00	53.34	93.34	0.57	Media

Los resultados numéricos de la tabla 4.5 muestran en general la descripción de un grupo de bajo rendimiento académico, ya que en su mayoría los estudiantes después del post test, esto es, un 56.6% obtuvieron una ganancia de aprendizaje baja, incluso negativa o nula. Contrariamente, se identifica a 5 estudiantes destacados que produjeron un 21.7%

de ganancia alta y a otros 5 estudiantes de rendimiento medio que complementan el otro 21.7%. También tenemos el caso extraño de un estudiante que acertó correctamente 5 preguntas en el pre test, pero después en el post test erró todas las respuestas, dando a entender que acertó por azar, y este tipo de estudiantes cae en el modelo I aleatorio de Bao-Redish.

Ahora, en la siguiente figura, mostramos la gráfica de frecuencias de la distribución de las respuestas de los estudiantes del grupo control 5IM18 en el pre test con respecto a su ganancia de Hake.

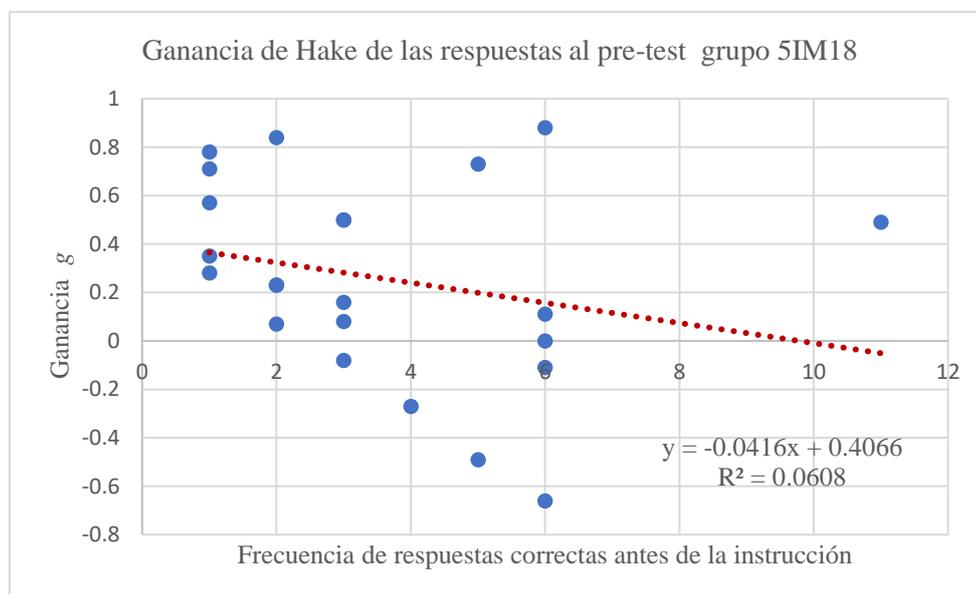


Figura 4.2 Dispersión de las respuestas al pre-test con respecto a su ganancia de Hake del grupo de control 5IM18.

Esta figura de los resultados del examen diagnóstico es muy ilustrativa, pues muestra la recta del ajuste de datos con una pendiente negativa, ya que se tiene que más de la mitad del grupo erró en las respuestas y los puntos se concentran en la región izquierda del gráfico, pero por otro lado, gracias a unos pocos estudiantes destacados podemos observar puntos aislados en la región derecha superior de la gráfica. Además, para el coeficiente de determinación de la tendencia lineal de puntos que refleja la bondad

de nuestro ajuste, muestra la dispersión de las respuestas incorrectas de la región izquierda del gráfico y arroja un valor de $R^2 = 0.06$. En la siguiente gráfica de los resultados del post test, se aprecia una diferencia significativa en el coeficiente de determinación R^2 , mostrando una mejora en el aprendizaje.

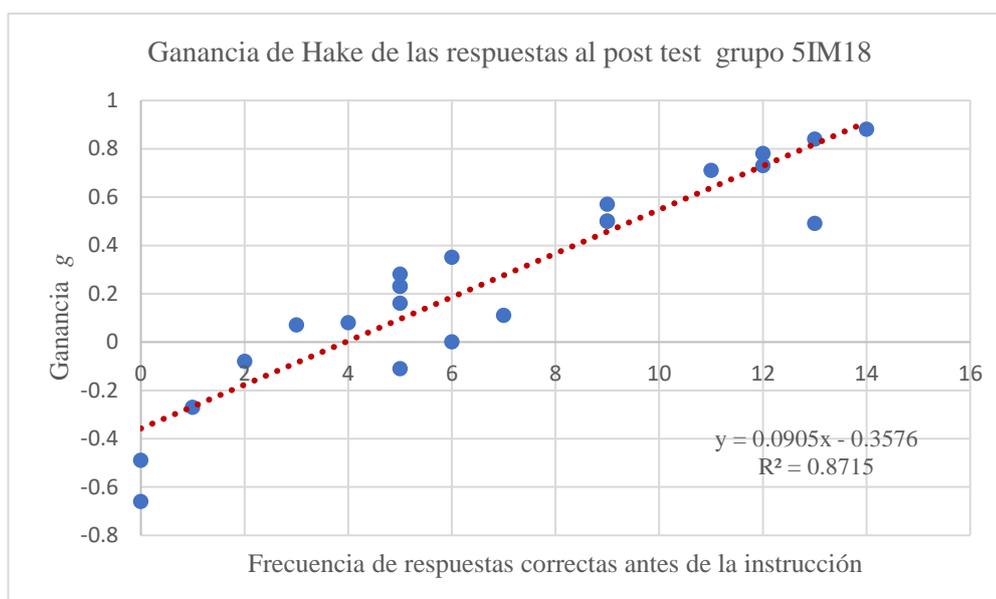


Figura 4.3 Dispersión de las respuestas al post test con respecto a su ganancia de Hake del grupo de control 5IM18.

La nueva gráfica de la frecuencia de respuestas correctas en el post test del grupo control 5IM18 es muy diferente a la gráfica del pre test, pues ahora se aprecia una tendencia de la frecuencia a concentrarse, hay un mejor ajuste a la recta y el coeficiente de determinación toma un valor mucho mayor cercano a su valor máximo de 1, esto es, $R^2 = 0.87$. Lo cual muestra que después de la instrucción tradicional que no incluyó simulaciones computacionales PhET ni de ningún tipo sobre circuitos eléctricos de corriente continua, el grupo tuvo una mejoría en el aprendizaje, no obstante que aún persiste una ganancia general de Hake baja.

A continuación, a manera de resumen se muestran los rasgos más importantes relativos al factor de Hake en la Tabla 4.6. Podemos observar que el puntaje medio del

grupo 5IM18 mejoró, obteniéndose una calificación media de 6.8, sin embargo el grupo permanece en un atraso conceptual sobre el tema de los circuitos eléctricos. Este resultado, nos lleva a reconocer el avance del grupo control mediante la instrucción tradicional. En el enfoque de Hake, para el análisis del grupo experimental se esperaría obtener lo señalado por Hake (1996), esto es, que los grupos que utilizan métodos de participación activa, obtienen una ganancia de aprendizaje mayor, y por consiguiente es mejor el aprendizaje. En nuestro caso además de considerar una metodología activa de enseñanza, se ha considerado dar la estructura de las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas utilizando el recurso de las simulaciones computacionales interactivas para construir y analizar diversos casos de circuitos eléctricos de corriente continua.

Tabla 4.6 Ganancia normalizada conceptual del grupo control 5IM18.

Ganancia de Hake del grupo control 5IM18	
Media del grupo antes de la instrucción tradicional	3.6
Media del grupo después de la instrucción tradicional	6.8
Puntuación máxima	14
Porcentaje de g baja	56.6%
Porcentaje de g media	21.7%
Porcentaje de g alta	21.7%
Valor promedio de g	0.26
Ganancia conceptual de Hake grupal	Baja

4.2.2 Resultados del grupo experimental 5IM13

A continuación, se muestra la distribución de respuestas correctas de los 25 estudiantes del grupo experimental 5IM13, así como el cálculo de la ganancia conceptual de Hake por cada estudiante para su posterior análisis de resultados, y de esa forma poder comparar nuestra propuesta didáctica de Sokoloff-Moreira con los resultados de la enseñanza tradicional.

Tabla 4.7 Ganancia de Hake individual por estudiante del grupo 5IM13.

Estudiante 5IM13	Respuestas correctas pre test	Respuestas correctas post test	%pre	%post	%post - %pre	100-%pre	Valor de g	Ganancia conceptual
A1	0	6	0	40.00	40.00	100.00	0.40	Baja
A2	3	13	20.00	86.00	46.00	80.00	0.57	Media
A3	3	8	20.00	53.33	33.33	80.00	0.41	Media
A4	1	8	6.66	53.33	46.67	93.34	0.5	Media
A5	1	6	6.66	40.00	33.34	93.34	0.35	Media
A6	10	12	66.66	80.00	26.66	33.34	0.79	Alta
A7	2	4	13.33	26.66	13.33	86.67	0.15	Baja
A8	1	8	6.66	53.33	46.67	93.34	0.5	Media
A9	0	6	0	40.00	40.00	100.00	0.40	Media
A10	3	9	20.00	60.00	40.00	80.00	0.40	Media
A11	3	13	20.00	86.66	66.66	80.00	0.83	Alta
A12	3	8	20.00	53.33	33.33	80.00	0.41	Media
A13	2	8	13.33	53.33	40.00	86.67	0.46	Media
A14	9	15	60.00	100.00	40.00	40.00	1.00	Alta
A15	7	7	46.66	46.66	0	53.34	0	Baja
A16	8	12	53.33	80.00	26.67	46.67	0.57	Media
A17	4	12	26.66	80.00	53.34	73.34	0.72	Alta
A18	1	8	6.66	53.33	93.34	93.34	1.00	Alta
A19	2	10	13.33	66.66	53.33	86.67	0.61	Media
A20	0	11	0	73.33	73.33	100	0.73	Alta
A21	6	12	40.00	80.00	60.00	60.00	1.00	Alta
A22	2	8	13.33	53.33	40.00	86.67	0.46	Media
A23	2	12	13.33	80.00	66.67	86.67	0.76	Alta
A24	3	10	20.00	66.66	46.66	80.00	0.58	Media
A25	4	11	26.66	73.33	46.67	73.34	0.63	Media

De hecho, los resultados de la ganancia del aprendizaje después de la instrucción son muy alentadores. En general, el grupo experimental 5IM13 muestra una ganancia de Hake

media de un 56%, así como una ganancia alta del 32 % y solo una ganancia baja del 12%. En general, se aprecia que el grupo experimental tuvo un mejor desempeño académico.

Ahora en la siguiente gráfica, se muestra la distribución de respuestas correctas de los estudiantes en el pre test.

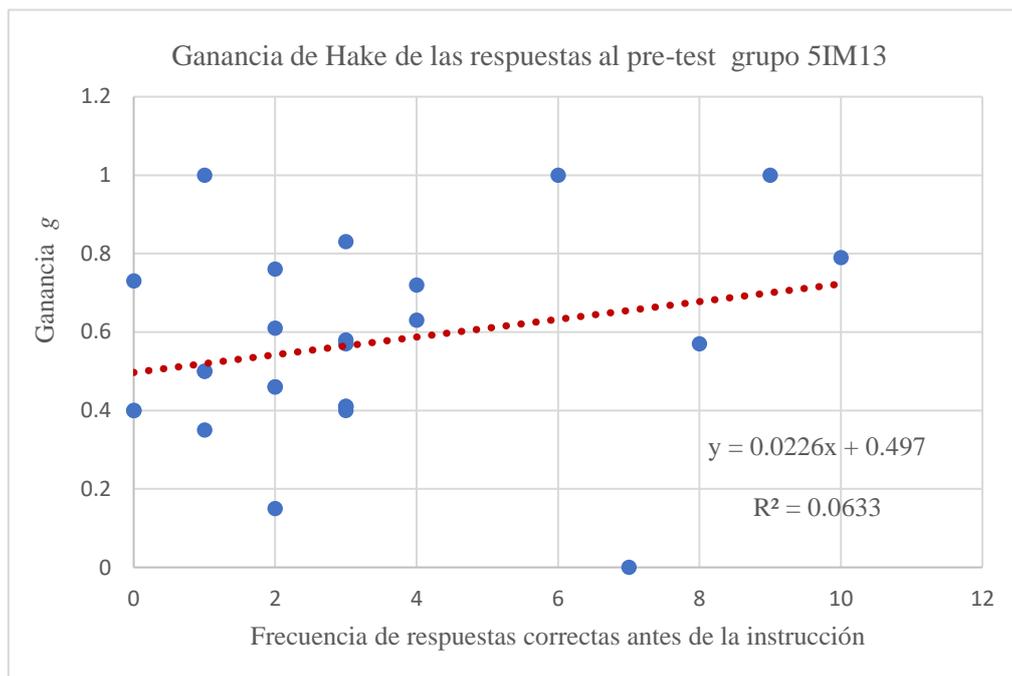


Figura 4.4 Dispersión de las respuestas al pre-test con respecto a su ganancia de Hake del grupo experimental 5IM13.

En esta figura se aprecia una concentración de respuestas más o menos uniforme pero muy dispersa en la parte izquierda de la gráfica, lo cual muestra la falta de conocimiento de los estudiantes sobre el tema en cuestión de los circuitos eléctricos. El coeficiente de determinación de la tendencia lineal es igual al del caso del grupo de control $R^2 = 0.06$, sin embargo, la recta de ajuste tiene una pendiente positiva a diferencia del caso del grupo de control, en donde la pendiente de la recta fue negativa.

Finalmente, en el siguiente gráfico se muestra la frecuencia de respuestas correctas del post test de los estudiantes del grupo experimental 5IM13.

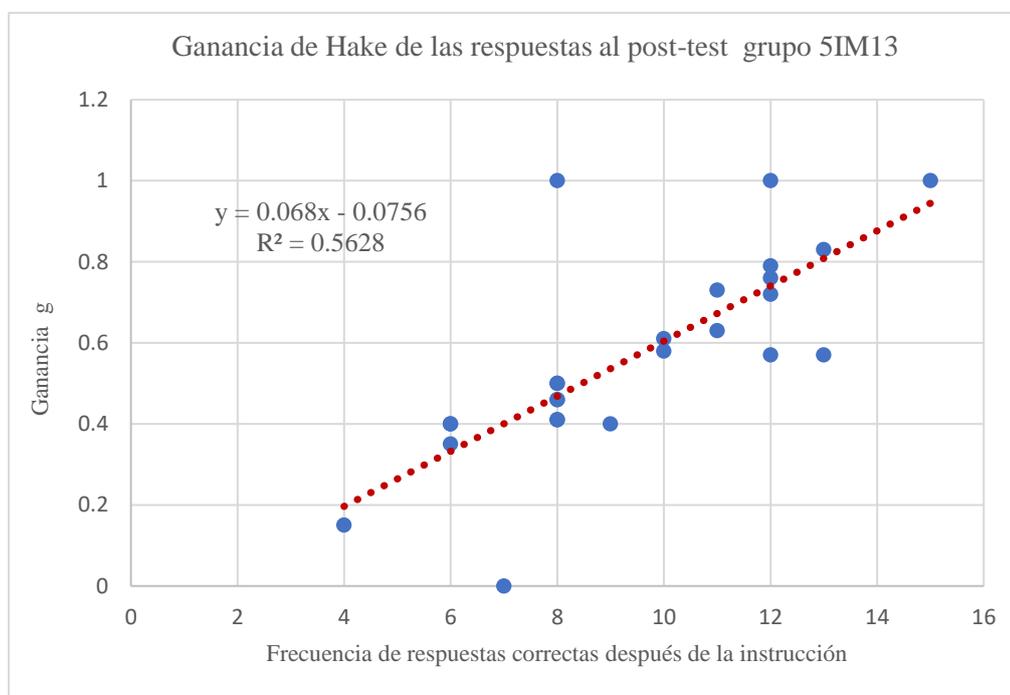


Figura 4.5 Dispersión de las respuestas al post test con respecto a su ganancia de Hake del grupo experimental 5IM13.

Ahora podemos apreciar que las respuestas se concentran más en la parte derecha superior de la gráfica por tener una ganancia del aprendizaje mayor. También, el coeficiente de determinación de la tendencia lineal es más elevado pues muestra una dispersión concentrada, esto es, $R^2 = 0.56$. Lo cual da cuenta de la bondad de la metodología de enseñanza de las Clases Demostrativas Interactivas Significativas con respecto a la enseñanza tradicional.

Por último, para concluir nuestro análisis de Hake, mostramos en la siguiente tabla un resumen de los valores de la ganancia en general de los estudiantes de nuestro grupo

experimental 5IM13, en relación al aprendizaje de los conceptos de circuitos eléctricos y ley de Ohm mediante la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.

Tabla 4.8 Ganancia normalizada conceptual del grupo experimental 5IM13.

Ganancia de Hake del grupo experimental 5IM13	
Media del grupo antes de la instrucción	3.2
Media del grupo después de la instrucción	9.48
Puntuación máxima	15
Porcentaje de g baja	12%
Porcentaje de g media	56%
Porcentaje de g alta	32%
Valor promedio de g	0.569
Ganancia conceptual de Hake grupal	Media

Los resultados mostrados en este análisis de la ganancia del aprendizaje, son muy alentadores con relación al uso de metodologías activas de compromiso interactivo, como son las Clases Demostrativas Interactivas Significativas, pues tal como señaló Hake en su amplio estudio, el rendimiento académico del grupo es más eficaz que la instrucción tradicional la cual se caracteriza por ser más pasiva.

4.3 Análisis del Factor de Concentración

4.3.1 Resultados del grupo control

Siguiendo el procedimiento del análisis de Bao & Redish (2011), procedimos a calcular mediante las fórmulas (3.3) y (3.4), tanto el puntaje, es decir la calificación o score, así como el factor de concentración del grupo control 5IM18, obteniéndose las siguientes tablas para el pre test y para el post test.

Tabla 4.9 Puntuación (S) y factor de concentración (FC) en el pre test y post test del grupo control 5IM18.

Concentración para el grupo 5IM18 en su pre-test

Concentración para el grupo 5IM18 en su post-test

Pregunta	Score	Concentración	Criterio	Pregunta	Score	Concentración	Criterio
P1	0.086956522	0.118287172	LL	P1	0.130434783	0.070349304	LL
P2	0.130434783	0.311614515	LM	P2	0.391304348	0.500028365	LH
P3	0.217391304	0.098052646	LL	P3	0.260869565	0.231463241	LM
P4	0.434782609	0.207402641	MM	P4	0.565217391	0.344261094	MM
P5	0.217391304	0.041744336	LL	P5	0.304347826	0.138089494	LL
P6	0.52173913	0.28931116	MM	P6	0.652173913	0.456781844	MM
P7	0.260869565	0.157486179	LL	P7	0.608695652	0.401829207	MM
P8	0.260869565	0.041744336	LL	P8	0.565217391	0.300518881	MM
P9	0.217391304	0.118287172	LL	P9	0.434782609	0.249149725	MM
P10	0.173913043	0.070349304	LL	P10	0.565217391	0.300518881	MM
P11	0.086956522	0.041744336	LL	P11	0.52173913	0.28931116	MM
P12	0.217391304	0.004575062	LL	P12	0.434782609	0.138089494	ML
P13	0.086956522	0.041744336	LL	P13	0.434782609	0.138089494	ML
P14	0.217391304	0.10484727	LL	P14	0.347826087	0.056165046	LL
P15	0.47826087	0.234431807	MM	P15	0.565217391	0.360242614	MM

Revisando los factores de concentración de todas las preguntas en el pre test, se identifica que las respuestas erróneas de los estudiantes (aquellas con un FC menor a 0.2), se concentran en el modelo I que corresponde al modelo aleatorio el cual se caracteriza por

un desempeño “Bajo Bajo”, esto nos indica que al tener un 67% de las preguntas en la región donde los estudiantes responden las preguntas al azar, se concluye que no tenían dominio sobre el tema de la ley de Ohm y los circuitos eléctricos de corriente continua.

Por otro lado, después de la instrucción tradicional se tiene una mejoría en el aprendizaje pues un 53.33 % de las respuestas, se concentran en la región “Media Media”, y este criterio cae en la región de los dos modelos, el “Bajo Medio” y “Medio Medio”. No obstante, un 20% permanece en la región “Bajo Bajo”, que muestra que los estudiantes no tuvieron un buen desempeño y no mejoraron su aprendizaje durante el curso. Otra característica general de este grupo control es que solo una pregunta se logró posicionar en la región “Baja Alta”, y se refería a qué tipo de instrumento mide la corriente eléctrica. Ninguna pregunta se logró concentrar en la región “Media Alta” o “en la “Alta Alta”. Estos resultados simplemente muestran a un grupo de rendimiento medio, con pocos estudiantes distinguidos.

En la siguiente Figura 4.6, mostramos la distribución de los valores del factor de concentración contra el puntaje logrado para cada pregunta del grupo control 5IM18, dentro de las parábolas que delimitan las áreas mínimas y máximas. Recordemos que la intersección de estas curvas delimita las diferentes regiones de los modelos conceptuales propuestos por Bao & Redish, los cuales son presentados en las Tablas 3.2 y 3.3 del capítulo anterior dedicado a la metodología a seguir.

Asimismo, en la Figura 4.6 incluimos también las gráficas del factor de concentración medio correspondiente al pre test y al post test, lo cual mostrará más

claramente el progreso del grupo de control en general, al desplazarse a través de un vector de corrimiento de región conceptual.

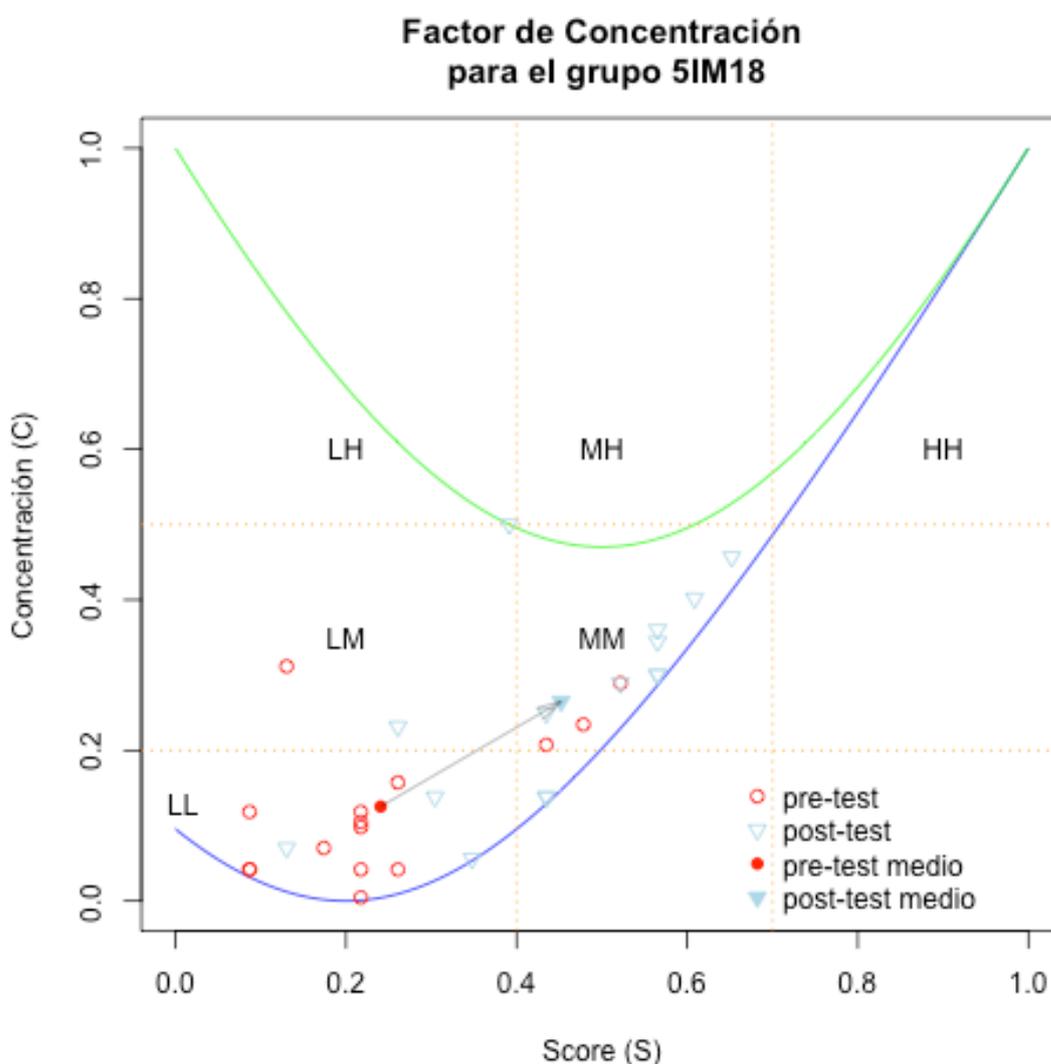


Figura 4.6 Distribución del factor de concentración contra el puntaje de las respuestas de las preguntas del pre test (círculos color rojo) y del post test (triángulos color azul) del grupo control 5IM18. Se muestra también el factor de concentración promedio y su desplazamiento después de la instrucción tradicional.

De acuerdo a la gráfica anterior el comportamiento de la distribución de factores de concentración se da en las regiones I y II. Asimismo, por la representación del vector de desplazamiento del factor de concentración medio, tenemos que su punto inicial se

encuentra en la región “Baja Baja” con coordenada (0.241, 0.125) y su punto final en la región “Media Media” con coordenada (0.452, 0.265). Lo cual muestra, que después de la instrucción tradicional, se presentó un avance en el aprendizaje, transitando el promedio del grupo de la región “Baja Baja” donde hay un bajo dominio del tema de estudio a “Media Media”, esto es, donde se logra una comprensión media de la ley de Ohm y los circuitos eléctricos de corriente continua.

4.3.2 Resultados del grupo experimental

En la siguiente Tabla 4.10 se muestran los resultados de los diferentes factores de concentración del grupo experimental 5IM13 para el pre test y el post test.

Tabla 4.10 Puntuación (S) y factor de concentración (FC) en el pre test y post test del grupo experimental 5IM13.

Concentración para el grupo 5IM13 en su pre test				Concentración para el grupo 5IM13 en su post-test			
Pregunta	Score	Concentración	Criterio	Pregunta	Score	Concentración	Criterio
P1	0.12	0.031738129	LL	P1	0.24	0.062320975	LL
P2	0.16	0.227030271	LM	P2	0.56	0.403969033	MM
P3	0.12	0.341950077	LM	P3	0.44	0.328220356	MM
P4	0.24	0.137221678	LL	P4	0.48	0.211756011	MM
P5	0.16	0.031738129	LL	P5	0.4	0.131671843	LL
P6	0.44	0.15910292	ML	P6	0.8	0.654387189	HH
P7	0.44	0.15910292	ML	P7	0.72	0.588499859	HH
P8	0.4	0.153679236	LL	P8	0.8	0.661525788	HH
P9	0.4	0.153679236	LL	P9	0.76	0.592241544	HH
P10	0.28	0.080165925	LL	P10	0.76	0.614485133	HH
P11	0.24	0.169860138	LL	P11	0.72	0.550516748	HH
P12	0.2	0.025487075	LL	P12	0.72	0.546659907	HH
P13	0.08	0.114822321	LL	P13	0.6	0.355517937	MM
P14	0.24	0.086035183	LL	P14	0.68	0.47525767	MM
P15	0.56	0.479328281	MM	P15	0.8	0.682736635	HH

La situación conceptual del grupo experimental 5IM13 es similar a la del grupo control, esto es, 67% de las respuestas se concentran en la región “Baja Baja”, por consiguiente podemos decir que se encontraban en condiciones similares sobre la falta de dominio del tema de la ley de Ohm y de circuitos eléctricos. Sin embargo, después de la instrucción, se aprecia un gran cambio en las respuestas del post test, pues el 53.33 % se ha trasladado a la región “Alta Alta”. Así como un 33.33 % se concentró en la región “Media Media”, lo cual representa un cambio significativo. Ahora, veamos la siguiente Figura 4.7 para ver el avance medio del factor de concentración.

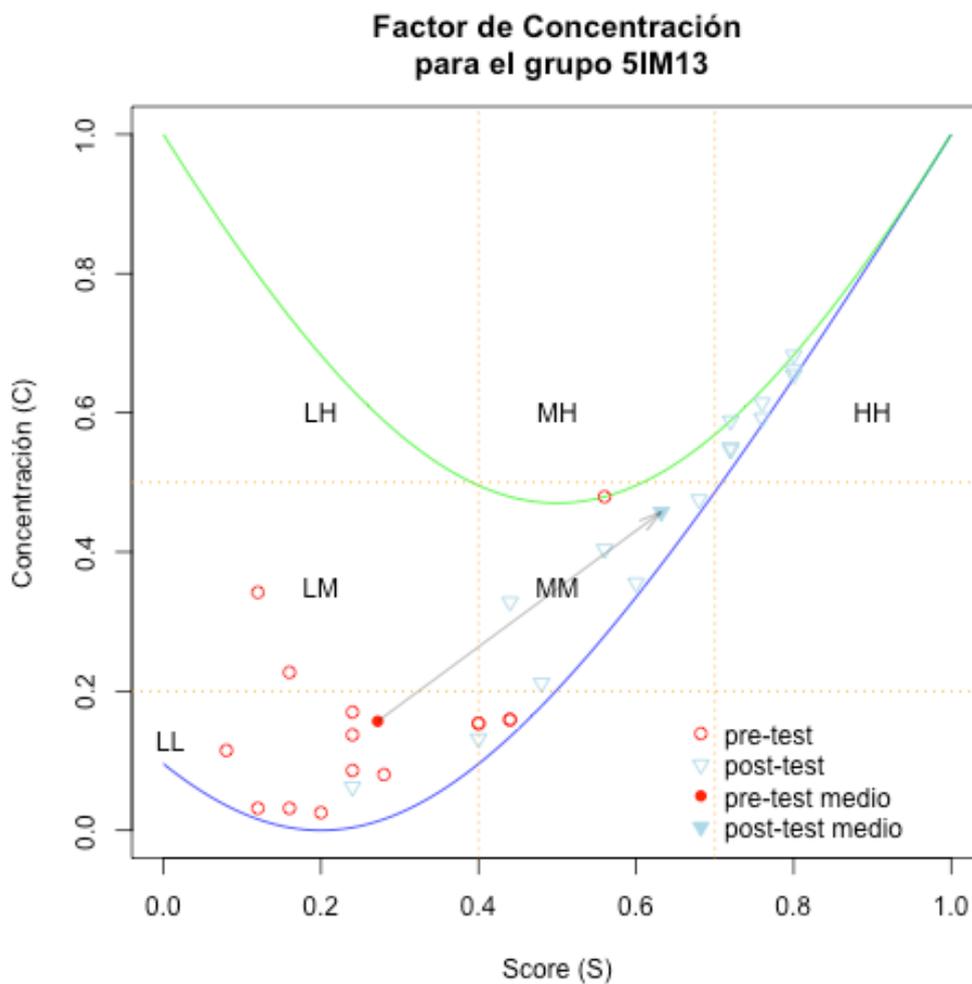


Figura 4.7 Distribución del factor de concentración contra el puntaje de las respuestas de las preguntas del pre test (círculos color rojo) y del post test (triángulos color azul) del grupo experimental 5IM13. Se muestra también el factor de concentración promedio y su

desplazamiento después de la instrucción utilizando la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.

El cambio conceptual del grupo experimental representado en esta figura, es contundente respecto al grupo control en donde los estudiantes no utilizaron simulaciones computacionales interactivas en sus actividades de aprendizaje. Además, por la representación del vector de desplazamiento del factor de concentración medio, tenemos que su punto inicial se encuentra en la región “Baja Baja” con coordenada (0.272, 0.157) y su punto final en la región “Media Media” con coordenada (0.632, 0.457) muy cerca de la parte superior derecha de la región, próximo a las regiones “Media Alta” y a la “Alta Alta”. El desplazamiento del grupo hubiera sido mayor, pero desafortunadamente después de la instrucción con CDIS, persistieron un par de puntos “perdidos” en la región “Baja Baja”.

Realmente tenemos elementos para afirmar que el utilizar las Clases Demostrativas Interactivas con las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas con Simulaciones PhET ayuda a los estudiantes a tener un desempeño académico mejor con respecto a la instrucción tradicional.

4. 4 Análisis de Rasch

Para comenzar nuestro análisis de Rasch vamos a calcular primeramente los parámetros de habilidad (θ) de cada estudiante, así como los parámetros de dificultad (δ) de cada ítem o pregunta, ya que de esta forma determinaremos qué tan difícil es una pregunta. También se calcularán y graficarán las Curvas de Respuesta al Ítem, para todo lo cual utilizamos

el paquete computacional para cálculo estadístico eRm, el cual el cual es acceso gratuito y bastante amigable. En la sección de apéndices se presentan los programas de R utilizados.

4.4.1 Análisis de Rasch para el grupo control

Para nuestro análisis utilizamos un test de 15 preguntas, con 5 incisos y una sola respuesta correcta (se recomienda que exista regularidad en la estructura de las opciones). Puesto que el modelo de Rasch es dicotómico, a continuación mostramos las tablas de aciertos y errores de los estudiantes del grupo control, con ceros y unos, esto es, desaciertos y aciertos, respectivamente. Se procede a confeccionar este tipo de tablas, debido a que las entradas de datos para el programa R son archivos de Excel, y ello facilita los cálculos, que de otra forma serían tortuosos. En los anexos proporcionamos los programas en R para realizar los cálculos.

Tabla 4.11 Resultado de los exámenes inicial (a) y final (b) del grupo control 5IM18.

Respuestas al pre test de los estudiantes del grupo control 5IM18															Respuestas al post test de los estudiantes del grupo control 5IM18																
A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
A1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	A1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
A2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	A2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	A3	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	
A4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
A6	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	A6	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
A7	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	A7	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A8	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	A9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	A10	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A11	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	A11	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
A12	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	A12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	A13	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	A14	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
A15	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	A15	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
A16	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	A16	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
A17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	A17	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
A18	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	A18	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
A19	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A19	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
A20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A20	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
A21	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	A21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A22	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	A22	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
A23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	A23	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1

En las siguientes tablas se muestra el criterio que utilizan Baker & Kim (2017), para poder clasificar los parámetros de habilidad θ , y asociarlos con términos verbales para hacer más fácil un análisis intuitivo de las curvas características del ítem.

Tabla 4.12 Los intervalos de los criterios de dificultad de los ítems.

Criterios para la dificultad	
Intervalo para dificultad (δ)	Criterio
$\delta \leq -2.625$	Muy Fácil
$-2.625 < \delta \leq -1.5$	Fácil
$-1.5 < \delta \leq 1.5$	Dificultad media
$1.5 < \delta \leq 2.625$	Difícil
$2.625 \leq \delta$	Muy difícil

Tabla 4.13 Intervalos de los criterios para la habilidad de los estudiantes.

Intervalo para habilidad (θ)	Criterio
$\theta \leq -2.625$	Muy baja
$-2.625 < \theta \leq -1.5$	Baja
$-1.5 < \theta \leq 1.5$	Media
$1.5 < \theta \leq 2.625$	Alta
$2.625 \leq \theta$	Muy alta

Tabla 4.14 Intervalos de los criterios de discriminación de los ítems.

Intervalo para discriminación (a)	Criterio
$0 \leq a < 0.4$	Ninguna
$0.4 < a \leq 1$	Moderada
$1 < a \leq 2.1$	Alta
$2.1 \leq a < 999$	Perfecta

A continuación, mostramos los resultados obtenidos acerca del cálculo del parámetro delta (δ) que nos indica la dificultad de los estudiantes durante los exámenes, asociada a la pregunta tanto del pre-test, como del post test, para ello se utilizó el software eRm de Mair *et al.* (2022).

Tabla 4.15 Resultados de los parámetros de dificultad δ del grupo control 5IM18, previos y posteriores a la instrucción tradicional.

Dificultad del grupo 5IM18 en su pre-test			Dificultad del grupo 5IM18 en su post-test		
Pregunta	Dificultad	Criterio	Pregunta	Dificultad	Criterio
P1	2.686223634	Muy difícil	P1	2.398670828	Difícil
P2	2.187486941	Difícil	P2	0.579337627	Dificultad media
P3	1.490053998	Dificultad media	P3	1.353367053	Dificultad media
P4	0.302777067	Dificultad media	P4	-0.346134137	Dificultad media
P5	1.490513885	Dificultad media	P5	1.079147835	Dificultad media
P6	-0.109002221	Dificultad media	P6	-0.822830658	Dificultad media
P7	1.213810194	Dificultad media	P7	-0.580591657	Dificultad media
P8	1.216523359	Dificultad media	P8	-0.346138406	Dificultad media
P9	1.4906124	Dificultad media	P9	0.34385457	Dificultad media
P10	1.80615093	Difícil	P10	-0.3461284	Dificultad media
P11	2.686352292	Muy difícil	P11	-0.115875795	Dificultad media
P12	1.491053198	Dificultad media	P12	0.343828675	Dificultad media
P13	2.686223634	Muy difícil	P13	0.343836104	Dificultad media
P14	1.490053998	Dificultad media	P14	0.823141395	Dificultad media
P15	0.096224729	Dificultad media	P15	-0.3461284	Dificultad media

La información mostrada es estas tablas y las siguientes es muy útil, pues nos permite tener elementos para evaluar la metodología de enseñanza utilizada después de la evaluación diagnóstica, ya que se puede apreciar la evolución de los estudiantes al responder a las preguntas, tanto si hay avance o cierto retroceso.

La siguiente tabla 4.16 muestra el valor estimado del parámetro theta (θ) que representa la habilidad de los estudiantes para responder correctamente los reactivos.

Tabla 4.16 Resultados de los parámetros de habilidad θ del grupo control 5IM18, previos y posteriores a la instrucción tradicional.

Habilidad del grupo 5IM18 en su pre-test

Alumno	Habilidad (θ)	Criterio
1	-2.118	Baja
2	-0.46	Media
3	-2.938	Muy baja
4	-1.158	Media
5	-1.581	Baja
6	-0.46	Media
7	-0.46	Media
8	-0.792	Media
9	-2.938	Muy baja
10	-2.118	Baja
11	1.165	Media
12	-0.46	Media
13	-2.938	Muy baja
14	-1.581	Baja
15	-1.581	Baja
16	-1.581	Baja
17	-2.118	Baja
18	-1.581	Baja
19	-2.118	Baja
20	-2.938	Muy baja
21	-0.46	Media
22	-0.792	Media
23	-2.938	Muy baja

Habilidad del grupo 5IM18 en su post-test

Alumno	Habilidad (θ)	Criterio
1	2.177	Alta
2	-0.198	Media
3	1.163	Media
4	-2.93	Muy baja
5	-2.13	Baja
6	-0.513	Media
7	3.043	Muy alta
8	-3.798	Muy baja
9	-0.842	Media
10	-1.61	Baja
11	2.177	Alta
12	-0.842	Media
13	-0.513	Media
14	-0.842	Media
15	-1.199	Media
16	0.439	Media
17	-0.842	Media
18	0.439	Media
19	-0.842	Media
20	1.609	Alta
21	-3.798	Muy baja
22	1.609	Alta
23	0.439	Media

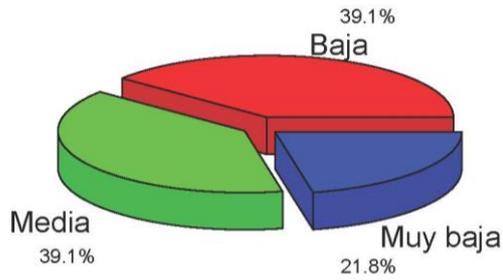
Podemos apreciar que en el grupo control, finalmente 3 estudiantes desarrollaron una habilidad muy alta, y en general se aprecia una evolución de habilidad baja a habilidad media. Ahora en las siguientes tablas se muestra la frecuencia de la habilidad de los estudiantes del grupo con instrucción tradicional.

Tabla 4.17 Resultados de la frecuencia de la habilidad de los estudiantes del grupo control 5IM18.

Grupo 5IM18 en su pre-test			Grupo 5IM18 en su post-test		
Habilidad	Frecuencia	Criterio	Habilidad	Frecuencia	Criterio
-2.938004881	5	Muy bajo	-3.798296615	2	Muy bajo
-2.117824763	4	Bajo	-2.930032651	1	Muy bajo
-1.581235604	5	Bajo	-2.129917019	1	Bajo
-1.15758717	1	Medio	-1.609924087	1	Bajo
-0.792328837	2	Medio	-1.198884734	1	Medio
-0.459779483	5	Medio	-0.841977189	5	Medio
1.1648371	1	Medio	-0.513439025	2	Medio
			-0.197879988	1	Medio
			0.438898978	3	Medio
			1.163191063	1	Medio
			1.608860407	2	Alto
			2.177277524	2	Alto
			3.04338641	1	Muy alto

En las siguientes figuras de pastel se puede apreciar más fácilmente la diferencia de la habilidad de los estudiantes del grupo control por los porcentajes logrados después de la instrucción. Previo a la instrucción se tenía un 39.1% de habilidad media, 39.1% de habilidad baja y un 21.8% de habilidad muy baja, y posterior a la instrucción la habilidad media se incrementó en un 17.42%, la habilidad baja disminuyó en un 30.40%, la habilidad muy baja disminuyó en un 8.76%. Además, de lograrse una habilidad alta en un 17.30% y una habilidad muy alta de un 4.35%, esto debido a los 3 estudiantes de alto rendimiento identificados en los resultados. Estos resultados, aunque no son tan contundentes como los del grupo experimental, dan fe del logro obtenido por la instrucción tradicional, en donde no se utilizaron simulaciones computacionales PhET.

Habilidades para el grupo 5IM18 en su pre-test



Habilidades para el grupo 5IM18 en su post-test

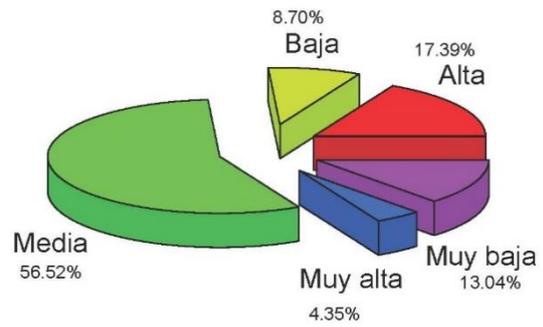


Figura 4.8 Gráficas de pastel que muestran el progreso de las habilidades de los estudiantes del grupo control.

En la siguiente figura 4.9, se muestran las gráficas de barras de frecuencia de los parámetros de habilidad del grupo control. La situación inicial del grupo sobre el tema de la ley de Ohm y circuitos eléctricos de corriente continua no era muy buena, prevalecía el rango negativo, y después de la instrucción aumentó el rango positivo, reflejando una mejoría de los estudiantes al manejar mejor los temas en cuestión.

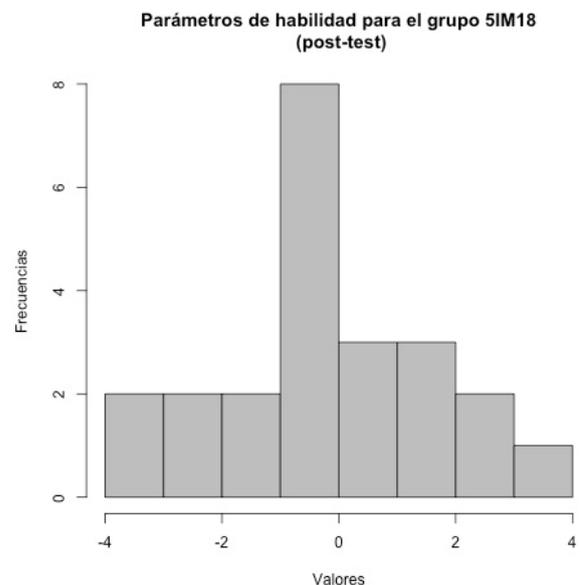
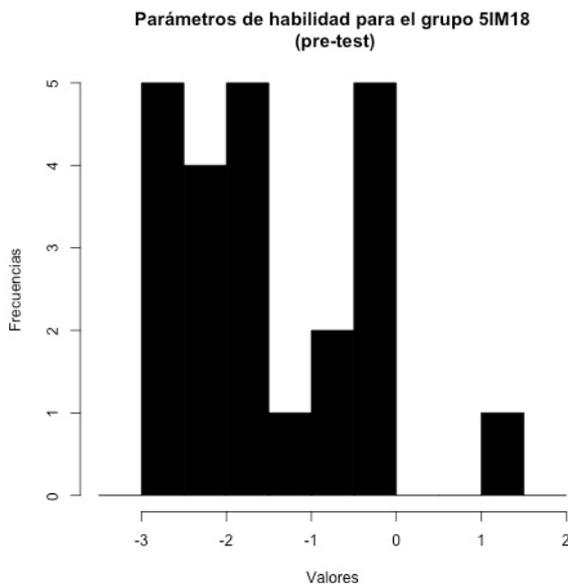


Figura 4.9 Gráficas de barras que muestran los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo control antes y después de la instrucción tradicional.

Ahora, mostramos otra presentación de los niveles de habilidad alcanzados en el pre y post test de los estudiantes del grupo control, mediante barras horizontales las cuales muestran muy claramente, cómo evolucionó específicamente cada estudiante.

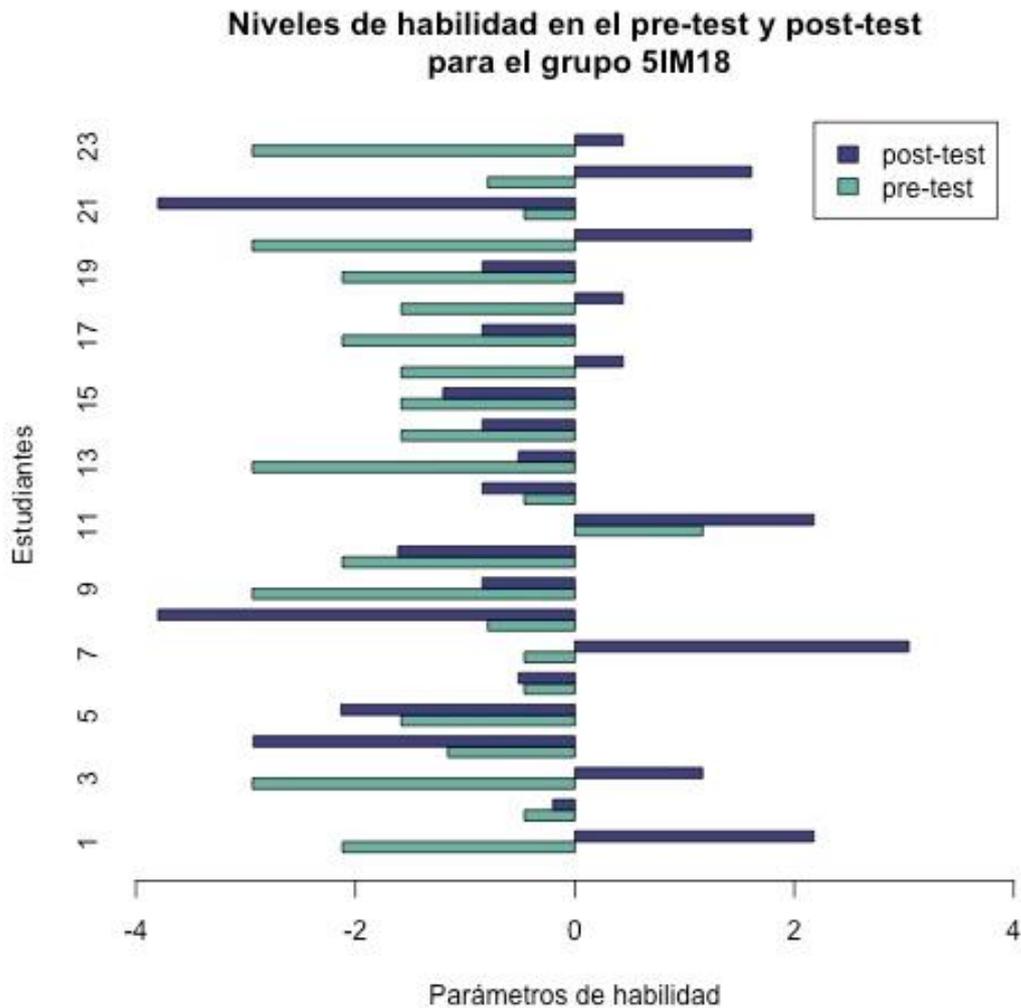


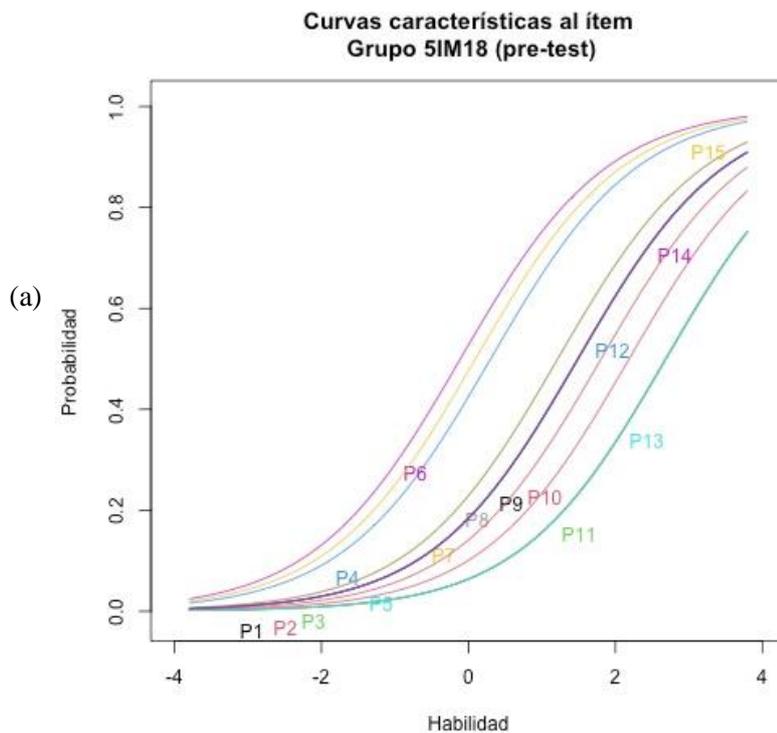
Figura 4.10 Gráficas de barras horizontales que muestran los niveles de habilidad de los estudiantes del grupo control antes y después de la instrucción tradicional.

A continuación, se muestran las curvas de respuesta al ítem del grupo control para el pre test y el post test. La joroba que suelen presentar estas curvas muestra la dificultad de los

reactivos, mientras más fáciles son, la curva tiende a jorobarse más hacia arriba, esto es, la probabilidad de respuesta correcta es mayor. Sin embargo, cuando la dificultad de las preguntas es mayor, entonces la probabilidad de respuestas correcta disminuye y la joroba de las curvas tiende a ser menor.

Todas las curvas características de los elementos del tipo utilizado aquí se vuelven asintóticas con una probabilidad de cero en una cola y de la unidad en la otra cola. El rango restringido empleado en las figuras es necesario para ajustar razonablemente las curvas en la pantalla de la computadora y proporcionar un marco de referencia uniforme.

Al analizar intuitivamente las curvas características del ítem, tenemos que la dificultad y la discriminación de los ítems se pueden definir en términos verbales. La dificultad del ítem tendrá los siguientes niveles: muy fácil, fácil, medio, difícil, muy difícil. La discriminación de ítems se pueden considerar los siguientes niveles: ninguna, bajo, moderado, alto, Perfecto.



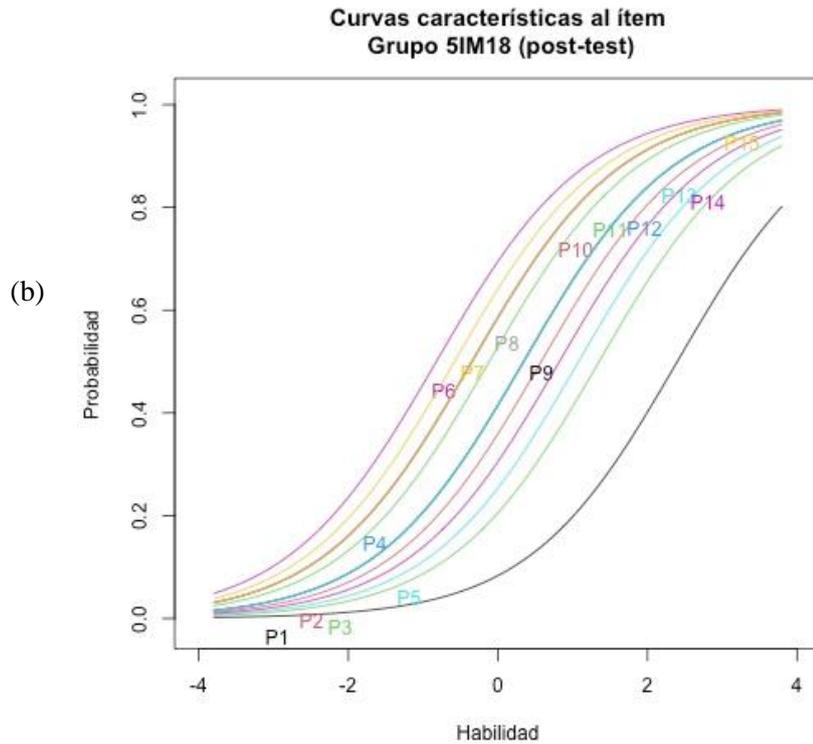


Figura 4.11 Gráficas de curvas características al ítem del grupo control antes (a) y después (b) de la instrucción tradicional.

La curva central representa un ítem de dificultad media porque la probabilidad de respuesta correcta es baja en los niveles de habilidad más bajos, alrededor de 0.5 en el medio de la escala de habilidad y cerca de 1 en el nivel de habilidad más alto. La curva de la derecha representa una pregunta difícil. La probabilidad de una respuesta correcta es baja para la mayor parte de la escala de habilidad y aumenta solo cuando se alcanzan los niveles de habilidad más altos. Incluso en el nivel de habilidad más alto que se muestra (es decir, $\theta=4$), la probabilidad de una respuesta correcta es solo de 0.8 para la pregunta más difícil.

Las curvas características del ítem de la figura 4.11, nos muestran que antes de la instrucción tradicional los estudiantes tuvieron un bajo rendimiento pues la joroba de las mismas está cargada hacia abajo, y las preguntas en donde tuvieron un mejor desempeño

fueron las relativas a cómo se debe conectar correctamente un foco a una batería (P4), cómo se pueden conectar las resistencias en un circuito eléctrico (P6) y sobre la definición de la ley de Ohm (P15).

Posteriormente, en el post test las curvas características del ítem muestran un desplazamiento hacia arriba, lo cual representa un avance en el dominio de conceptos relacionados a los circuitos eléctricos, si bien se refuerza la forma en cómo se pueden conectar las resistencias en un circuito (P6, P11), los estudiantes identifican mejor cómo conectar correctamente dispositivos en serie (P7), y cómo identificar qué pasa al desconectar un elemento conectado en serie y que ocasionará que se interrumpa la corriente en todo el circuito (P8). Sin embargo, aún presentan ideas erróneas sobre lo que es un circuito eléctrico, persistiendo esto como el mayor error, el cual es evidenciado por la curva característica del ítem de color negro, la cual está en la parte inferior de la figura 4.11 (b). Asimismo, continúa habiendo problemas en conectar correctamente las puntas de un amperímetro para medir la corriente eléctrica en los diferentes puntos de un circuito eléctrico (P3), así como identificar correctamente el efecto que produce una resistencia eléctrica conectada a un circuito. El identificar cómo fluye la corriente en arreglos de resistencias en serie (P12), cómo serán las caídas de voltaje en resistencias conectadas en paralelo (P13), y en arreglos serie paralelo (P14), así como el conocimiento de la definición de la ley de Ohm (P15) se mantienen como ítems de dificultad media.

4.4.2 Análisis de Rasch para el grupo experimental

Las siguientes tablas 4.18 y 4.19, se muestran los arreglos de ceros y unos (respuestas incorrectas y correctas) para su análisis con R, para generar los parámetros de dificultad.

Tabla 4.18 Resultado de los exámenes inicial (a) y final (b) del grupo experimental 5IM13.

Respuestas al pretest de los estudiantes del grupo experimental 5IM13															Respuestas al post test de los estudiantes del grupo experimental 5IM13																	
A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	A	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0		
A2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	A2	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	
A3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	A3	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	
A4	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A4	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
A5	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A5	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	
A6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	A6	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	
A7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	A7	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
A8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A8	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
A9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A9	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
A10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	A10	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	
A11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	A11	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	
A12	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	A12	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	
A13	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	A13	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	
A14	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	A14	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A15	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	A15	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	
A16	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	A16	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
A17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	A17	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
A18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	A18	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
A19	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A19	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
A20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A20	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	
A21	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	A21	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	
A22	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	A22	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
A23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	A23	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	
A24	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	A24	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
A25	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	A25	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

(a)

(b)

Tabla 4.19 Resultados de los parámetros de dificultad δ del grupo experimental 5IM13, previos y posteriores a la instrucción con la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.

Dificultad del grupo 5IM13 en su pre-test			Dificultad del grupo 5IM13 en su post-test		
Pregunta	Dificultad	Criterio	Pregunta	Dificultad	Criterio
P1	2.27408909	Difícil	P1	1.273348769	Dificultad media
P2	2.27408909	Difícil	P2	-0.270358462	Dificultad media
P3	1.909809472	Difícil	P3	0.087242365	Dificultad media
P4	1.346071244	Dificultad media	P4	-0.090961656	Dificultad media
P5	1.608423511	Difícil	P5	0.450062376	Dificultad media
P6	0.29331847	Dificultad media	P6	-1.527882923	Fácil
P7	0.89026005	Dificultad media	P7	-1.047390629	Dificultad media
P8	0.683778839	Dificultad media	P8	-1.819215699	Fácil
P9	1.34604894	Dificultad media	P9	-1.274771398	Dificultad media
P10	1.109321035	Dificultad media	P10	-1.274771398	Dificultad media
P11	1.345938386	Dificultad media	P11	-1.047646669	Dificultad media
P12	1.346032377	Dificultad media	P12	-1.047450527	Dificultad media
P13	2.274206707	Difícil	P13	-1.274774583	Dificultad media
P14	1.346032377	Dificultad media	P14	-0.838043732	Dificultad media
P15	0.2933327	Dificultad media	P15	-1.52776166	Fácil

Asimismo, mostramos los parámetros de habilidad de los estudiantes y su frecuencia.

Tabla 4.20 Resultados de los parámetros de habilidad θ del grupo control 5IM13, previos y posteriores a la instrucción tradicional.

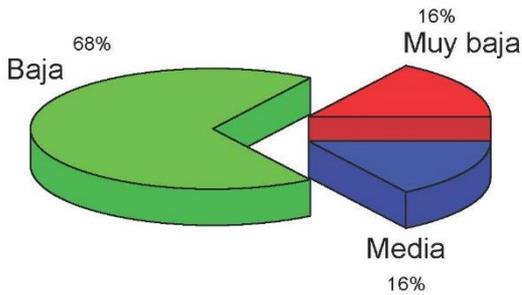
Habilidad del grupo 5IM13 en su pre-test			Habilidad del grupo 5IM13 en su post-test		
Alumno	Habilidad (θ)	Criterio	Alumno	Habilidad (θ)	Criterio
1	-3.655	Muy baja	1	0.122	Media
2	-2.002	Baja	2	1.122	Media
3	-2.002	Baja	3	1.122	Media
4	-1.492	Media	4	0.431	Media
5	-0.751	Media	5	0.431	Media
6	-0.144	Media	6	1.122	Media
7	-1.093	Media	7	-0.482	Media
8	-2.794	Muy baja	8	1.122	Media
9	-2.794	Muy baja	9	0.431	Media
10	-1.492	Media	10	0.759	Media
11	-1.492	Media	11	0.759	Media
12	-1.093	Media	12	1.546	Alta
13	-2.002	Baja	13	1.122	Media
14	-0.144	Media	14	2.087	Alta
15	0.147	Media	15	-0.482	Media
16	-0.144	Media	16	0.122	Media
17	-0.751	Media	17	1.122	Media
18	-1.492	Media	18	0.122	Media
19	-1.492	Media	19	1.546	Alta
20	-3.655	Muy baja	20	0.431	Media
21	0.147	Media	21	0.122	Media
22	-1.093	Media	22	0.122	Media
23	-2.002	Baja	23	0.759	Media
24	-1.492	Media	24	1.546	Alta
25	-0.144	Media	25	1.122	Media

Tabla 4.21 Resultados de la frecuencia de la habilidad de los estudiantes del grupo experimental 5IM13.

Grupo 5IM13 en su pre-test			Grupo 5IM13 en su post-test		
Habilidad	Frecuenci	Criterio	Habilidad	Frecuenci	Criterio
-3.655315937	2	Muy bajo	-0.481786539	2	Medio
-2.794474321	2	Muy bajo	0.122308327	5	Medio
-2.00218966	4	Bajo	0.431151176	4	Medio
-1.49202511	6	Medio	0.759286563	3	Medio
-1.093045501	3	Medio	1.122292334	7	Medio
-0.750626919	2	Medio	1.546355862	3	Alto
-0.143865064	4	Medio	2.086932626	1	Alto
0.146515496	2	Medio			

En las siguientes figuras de pastel se puede apreciar mejor la diferencia de la habilidad desarrollada por los estudiantes del grupo control.

Habilidades para el grupo 5IM13 en su pre-test



Habilidades para el grupo 5IM13 en su post-test

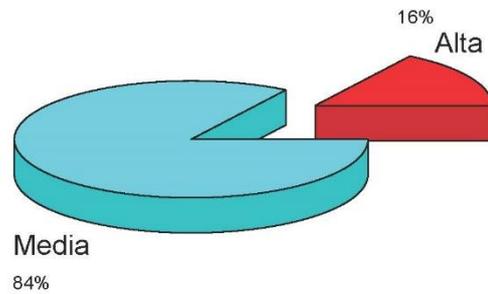


Figura 4.12 Gráficas de pastel que muestran el progreso de las habilidades de los estudiantes del grupo experimental.

Podemos observar que la habilidad media del grupo experimental después de la implementación de la Clase Demostrativa Interactiva Significativa aumentó dramáticamente en un 68% y desapareció el porcentaje de habilidades baja y muy baja, para dar lugar a una habilidad del 16%.

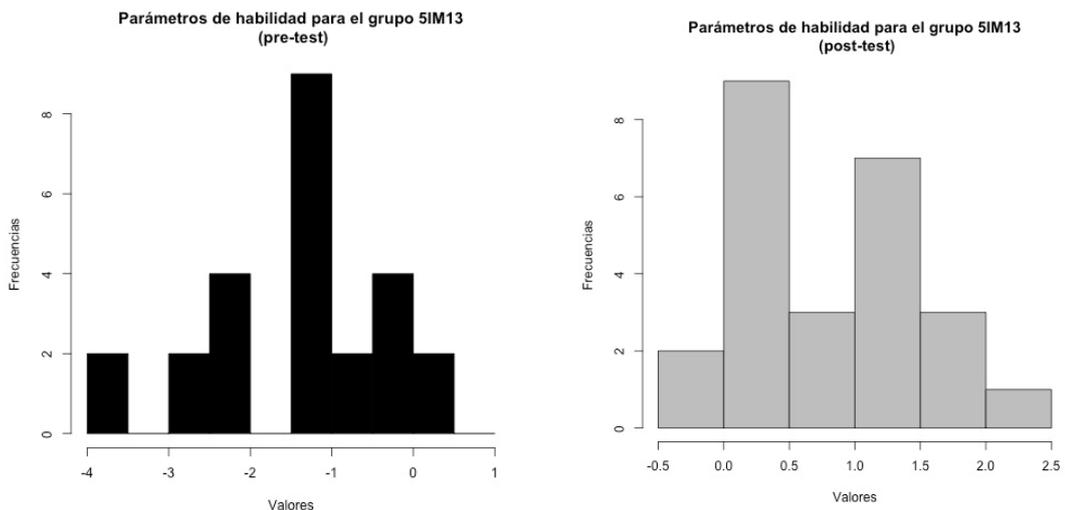


Figura 4.13 Gráficas de barras que muestran los parámetros de habilidad de los estudiantes del grupo experimental antes y después de la instrucción con la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.

En la siguiente figura 4.14 de barras horizontales, de los niveles de habilidad en el pre y post test podemos observar la efectividad de la metodología de enseñanza, aunque hay estudiantes que siguen teniendo rendimientos bajos, tal como lo muestran las barras de la izquierda con valores cercanos a -4. Las informaciones que nos proporcionan las curvas características del ítem en la figura 4.15 y en la tabla 4.19 de la dificultad del ítem, son importantes para tratar de entender los niveles de habilidad obtenidos al final de la instrucción.

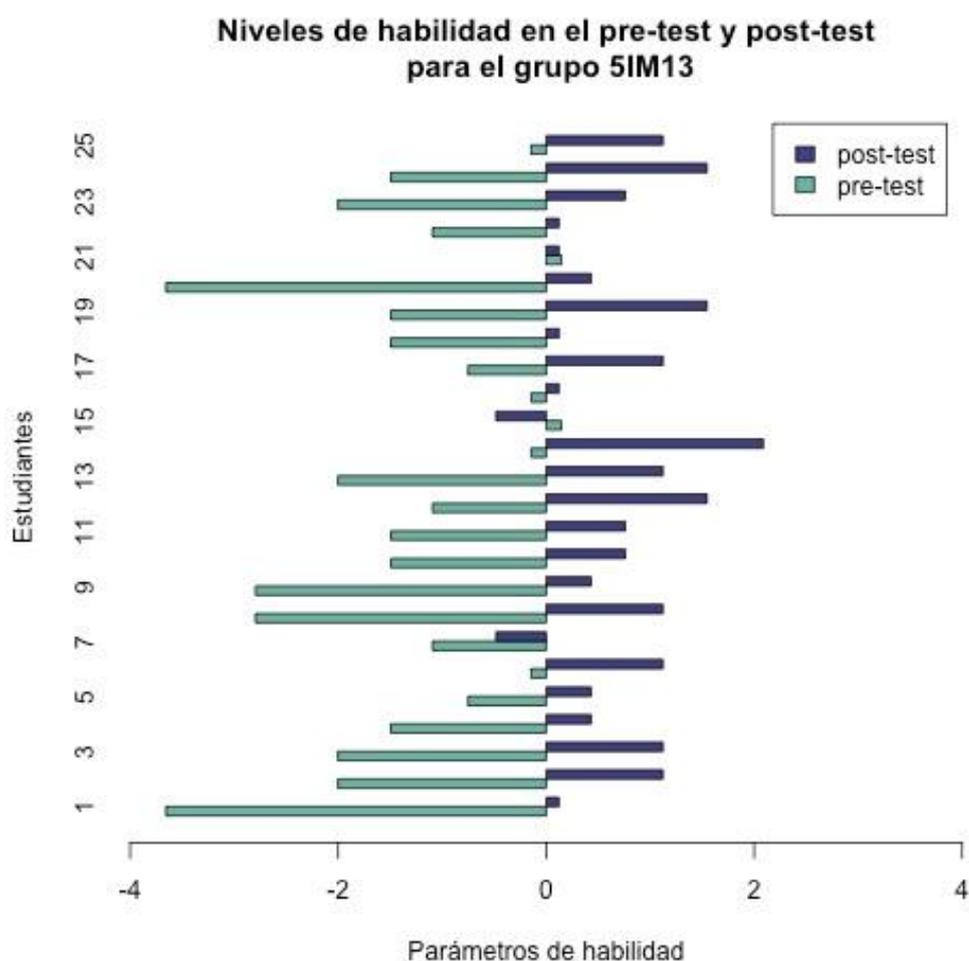


Figura 4.14 Gráficas de barras horizontales que muestran los niveles de habilidad de los estudiantes del grupo experimental antes y después de la Clase Demostrativa Interactiva Significativa.

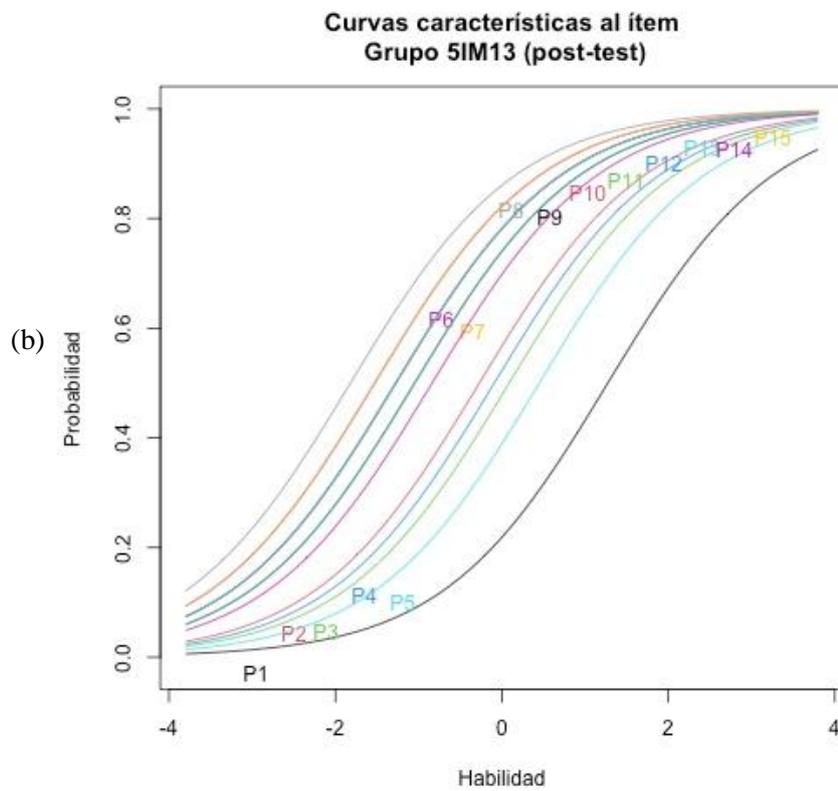
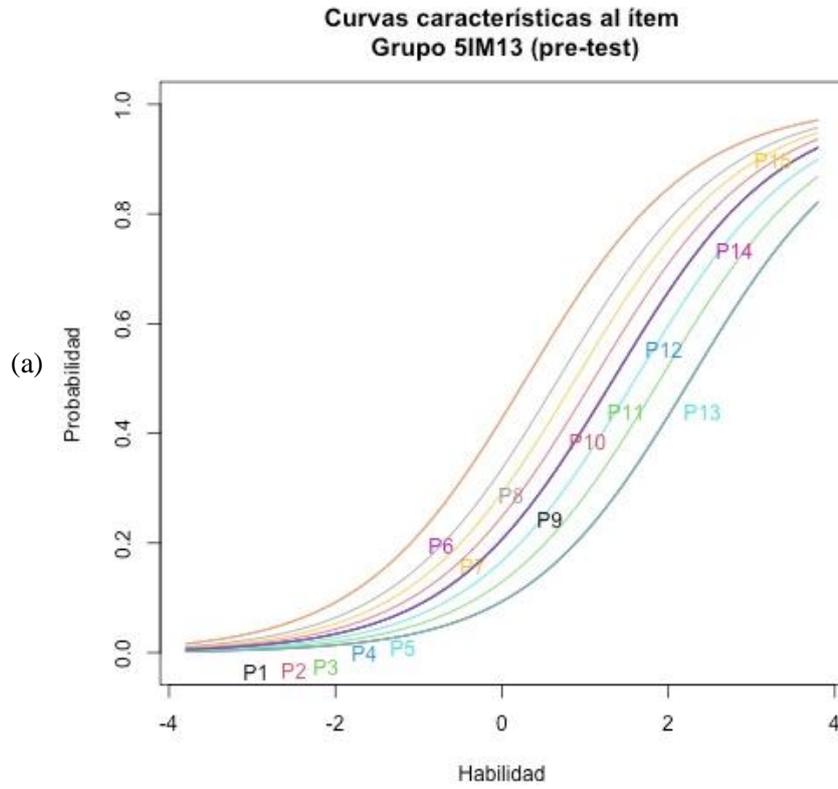


Figura 4.15 Gráficas de curvas características al ítem del grupo control antes y después de la instrucción tradicional.

Un análisis rápido de las curvas características del ítem correspondientes al post test en la figura 4.15 (b), nos indica que hubo un corrimiento de las mismas hacia arriba, correspondiendo al aumento de la habilidad de los estudiantes y a la reducción de dificultad de los ítem. No obstante, la pregunta 1 persistió como difícil siendo que se refiere a la definición de lo que es un circuito eléctrico. Le sigue la pregunta 5 relacionada con el efecto que produce una resistencia eléctrica en un circuito eléctrico, persiste la dificultad de identificar lo que es una caída de voltaje, y tal parece que prevalece la idea de que regula o elimina el voltaje. Siendo este un punto que se debe de enfatizar en la enseñanza. Otra pregunta difícil para los estudiantes del grupo experimental al igual que del grupo control, es la número 3 que se refiere a los puntos en donde se debe de conectar el amperímetro para medir la corriente eléctrica del circuito. Las preguntas sobre los arreglos de resistencias eléctricas en serie y en paralelo (P12, P13 y P14) sobre la distribución de corrientes y voltajes, permanecen en una región intermedia superior. La pregunta sobre la definición de la ley de Ohm (P15) también tuvo un desplazamiento considerable.

Las simulaciones PhET contribuyeron a mejorar la comprensión de las distribuciones de corrientes y voltajes en los circuitos eléctricos, y al tener gran versatilidad y poder variar los valores de resistencias, voltaje y corrientes, ayuda a los estudiantes a asimilar mejor los conceptos relacionados con este tópico, el cual podemos ampliarlo hasta las leyes de Kirchhoff, circuitos resistivos capacitivos e inductivos, y más aún a circuitos eléctricos de corriente alterna. Temas indudablemente deben de ser investigados en futuros trabajos.

4.5 Cálculo de la t de Student

Para el cálculo de la t de student (Walpole *et al.*, 2017) requeriremos las calificaciones promedio de los estudiantes de ambos grupos, las cuales se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 4.22 Calificación promedio de cada estudiante de los grupos control (a) y experimental (b).

Calificaciones Grupo 5IM18		Calificaciones Grupo 5IM13			
(a)	pre-test	post-test	(b)	pre-test	post-test
	13.33	86.66		0	40
	40	46.66		20	86
	6.66	73.33		20	53.33
	26.66	6.66		6.66	53.33
	20	13.33		6.66	40
	40	40		66.66	80
	40	93.33		13.33	26.66
	33.33	0		6.66	53.33
	6.66	33.33		0	40
	13.33	20		20	60
	73.33	86.66		20	86.66
	40	33.33		20	53.33
	6.66	40		13.33	53.33
	20	33.33		60	100
	20	26.66		46.66	46.66
	20	60		53.33	80
	13.33	33.33		26.66	80
	20	60		6.66	53.33
	13.33	33.33		13.33	66.66
	6.66	80		0	73.33
	40	0		40	80
	33.33	80		13.33	53.33
	6.66	60		13.33	80
				20	66.66
				26.66	73.33

De esta forma podremos establecer la significancia de nuestros resultados obtenidos en la investigación, con una significancia de 0.05. Nuestra hipótesis nula (1.3.1) señala que la

implementación del AA con el AS, combinando UEPS con CDI para generar Clases Demostrativas Interactivas Significativas, mediante simulaciones PhET para enseñar circuitos eléctricos de corriente continua, no tiene un impacto significativo en el aprendizaje de los estudiantes, esto es, señala que no hay diferencia significativa entre el pre test y el post test, contrariamente a nuestra hipótesis alterna, que señala que sí hay un diferencia significativa en la evaluación previa y posterior a la instrucción con las CDIS. En las siguientes tablas se reúnen los resultados sobre el cálculo de la t de student para los 2 grupos del estudio.

Tabla 4.23 Resultado del cálculo de la t de student para los grupos control (a) y experimental (b).

(a)			(b)		
Tabla: t de student para el Grupo 5IM18			Tabla: t de student para el Grupo 5IM13		
Prueba t de student apareada para el grupo 5IM18			Prueba t de student apareada para el grupo 5IM13		
datos:	pre-test	post-test	datos:	pre-test	post-test
t	3.1886		t	12.219	
df	22		df	24	
valor-p	0.004244		valor-p	8.589E-12	
Hipótesis alternativa:	Verdadera	significa la diferencia media no es igual a cero	Hipótesis alternativa:	Verdadera	significa la diferencia media no es igual a cero
intervalo de confianza al 95% estimación de muestra:	7.39754	34.92159	intervalo de confianza al 95% estimación de muestra:	34.7731	48.9077
diferencia media	21.15957		diferencia media	41.8404	

En nuestro caso la significancia es menor a 0.050, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, la diferencia media no es igual a cero, sino que para el grupo control es 21.16 y para el experimental es 41.84. Puesto que esta diferencia es significativa, entonces se deshecha la hipótesis nula y se acepta la experimental o alterna, pues esta diferencia no se produce al azar, sino ese incremento estadísticamente es significativo y precisamente es resultado de la aplicación de la CDIS.

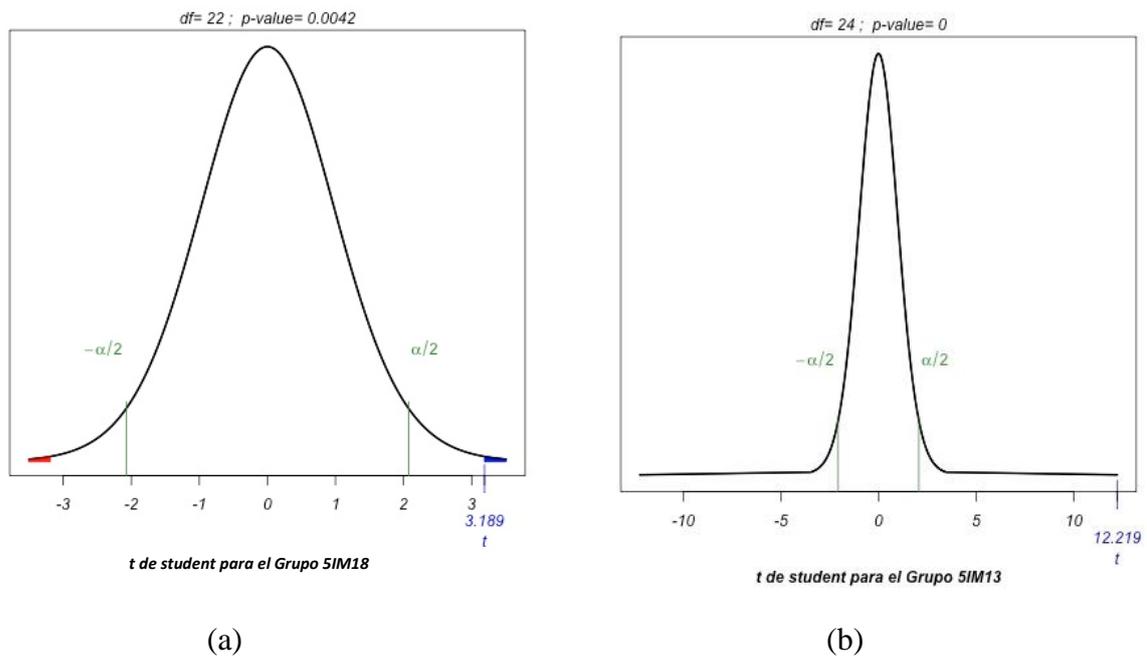


Figura 4.16 Gráficas de la t de student de los grupos de control (a) y experimental (b).

4.6 Aplicación del diferencial semántico

En esta sección mostramos los resultados obtenidos del cuestionario de diferencial semántico mostrado en la Tabla 3.1 al aplicarse al grupo experimental para averiguar la percepción de los estudiantes hacia la implementación de la Clase Demostrativa Interactiva Significativa con simulaciones PhET.

Al revisar la escala del test vemos que está graduado del 1 al 7, y para hacer su aplicación cambiaremos la escala de negativa a positiva, esto es, de -3 a 3, tal como se muestra en la siguiente tabla, de tal forma que mientras más negativa sea la respuesta mayor será la inconformidad, mientras más positiva sea entonces indicará mayor conformidad, y el valor cero indicará una posición de neutralidad.

Tabla 4.24 Resultados de las opiniones de los estudiantes del grupo experimental 5IM13 del diferencial semántico con escala negativa y positiva.

¿Cuál es tu opinión sobre el empleo de las simulaciones PhET para estudiar circuitos eléctricos de corriente continua?								
Marca con una cruz el espacio que mejor indique tu opinión.								
Aburrido	-3	-2	-1	0	1	2	3	Divertido
			1	1	1	2	20	
Fácil	3	2	1	0	-1	-2	-3	Difícil
	20	2	3					
Inútil	-3	-2	-1	0	1	2	3	Útil
		3	5		1	1	15	
Importante	3	2	1	0	-1	-2	-3	Sin importancia
	19	1	2	1	1	1		
Incomprensible	-3	-2	-1	0	1	2	3	Comprensible
		1	1	1	2	3	17	
Ahorra tiempo	3	2	1	0	-1	-2	-3	Consume mucho tiempo
	10	4	2	1	3	4	1	
Desagradable	-3	-2	-1	0	1	2	3	Agradable
			1	3	1	3	17	

Los resultados obtenidos de las frecuencias de las respuestas y su promedio, los mostramos en la siguiente tabla.

Tabla 4.25 Resultados de la percepción de los estudiantes del grupo experimental 5IM13.

Percepción Característica	Promedio
Aburrido-Divertido	2.56
Fácil-Difícil	2.68
Inútil-Útil	1.48
Importante-Sin importancia	2.32
Incomprensible-Comprensible	2.24
Ahorra tiempo-Consume mucho tiempo	1.16
Desagradable-Agradable	2.28

Los resultados mostrados en esta tabla muestran un elevado grado de satisfacción de los estudiantes que utilizaron simulaciones PhET. Los valores más bajos se presentaron en lo

referente a su utilidad (1.16) y en el ahorro de tiempo (1.48), no obstante, se mantienen dentro de los valores positivos. A pesar de que hubo algunas respuestas negativas en los diferentes ítems como puede observarse en la Tabla 4.24, en promedio no afectaron la percepción positiva de los estudiantes. La opinión referente a la utilidad puede hacer referencia a los resultados obtenidos en el examen post test, aunque la percepción es buena, quizás faltó más tiempo o realizar más ejercicios con simulaciones para que descubrieran el gran potencial de las simulaciones. Además, al enfocarnos solo a los circuitos eléctricos, y debido a la carga académica de las demás asignaturas, los estudiantes estaban restringidos en sus tiempos para explorar diferentes simulaciones PhET o incluso de otros simuladores que también están disponibles en el laboratorio de física de la escuela. En la cuestión del ahorro de tiempo, se llegaron a tener varias complicaciones para empezar a tiempo, estas fueron relacionadas con la conectividad a internet, pues el internet institucional es muy malo, en repetidas ocasiones se tuvo que utilizar la señal de infinitum móvil (internet gratuito para las escuelas), y eso retrasaba el inicio de la clase. También, el lograr la conexión con el monitor central del laboratorio fue complicada, y a veces se tuvo que prescindir de ella lo cual retrasaba algunas de las actividades programadas.

Por otro lado, los dos resultados más elevados, se refieren a la facilidad del uso de las simulaciones (2.68) y a si son divertidas (2.56). En general, los estudiantes no tuvieron problema en cuanto a entender cómo utilizar una simulación, debido a que son bastante amigables con el usuario. Además, de que al variar los datos de los circuitos no representa un peligro para el estudiante, incluso suele ser divertido, por ello la percepción de que no les aburrían, pues siempre está disponible la opción de modificar datos y observar al momento qué es lo que sucede con los circuitos. Sin embargo, cuando se tratan de armar

circuitos serie y paralelo con los insumos materiales de laboratorio, se debe de ser muy cuidadoso con los voltajes de las fuentes de poder, así como con los valores de las resistencias, pues se pueden llegar a arruinar, o la indebida utilización del amperímetro puede dañar el escaso equipo de laboratorio. En general, podemos decir que el grupo experimental disfrutó el realizar la Clase Demostrativa Interactiva Significativa utilizando las simulaciones PhET, pues en promedio les resultaron agradables, son comprensibles y además las consideran importantes. Nuestra precepción fue que el realizar la instrucción tradicional de física, en donde tienen que manipular las resistencias y foquitos, y los instrumentos de medición, resultara más difícil, incluso les daba temor medir diferentes voltajes, o más aún el voltaje de los contactos eléctricos al ver las diferentes funciones del voltímetro, pero cuando interactuaban en equipo al desarrollar y experimentar con los circuitos eléctricos simulados en sus celulares o en sus laptops, se mostraban confiados y contentos, pues confiaban en la seguridad que ofrecen las simulaciones computacionales.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

5.1 Resultados generales

Después de mostrar en el capítulo anterior los resultados obtenidos mediante la implementación de la Clase Demostrativa Interactiva Significativa con soporte PhET para estudiantes del nivel medio superior, podemos concluir que con respecto a la enseñanza tradicional de la física, se evidencia una evolución del aprendizaje de los estudiantes, la cual es satisfactoria de acuerdo al análisis estadístico realizado.

Primeramente, de acuerdo al análisis realizado del factor de ganancia de Hake, después de la instrucción tradicional, encontramos que el grupo control 5IM18 obtuvo una ganancia del aprendizaje de $g = 0.26$ la cual corresponde a una ganancia grupal baja. En cambio, el grupo experimental 5IM13 obtuvo una ganancia promedio de $g = 0.569$ la cual corresponde a una ganancia media. Este primer ejercicio muestra que el grupo experimental tuvo un mejor desempeño académico en el tema de la ley de Ohm y de circuitos eléctricos de corriente continua en serie y paralelo, pues se utilizó una estrategia de enseñanza basada en AA y AS asistida por simulaciones computacionales interactivas PhET.

En segundo lugar, se calculó el vector de evolución del aprendizaje de ambos grupos, esto mediante el análisis del factor de concentración de Bao & Redish (2001). En el caso del grupo control 5IM18, tenemos la representación del vector de desplazamiento del factor de concentración medio, en donde su punto inicial se ubicaba en la región “Baja Baja” y su punto final en la región “Media Media”. Por consiguiente, sucedió que después

de la instrucción tradicional, se presentó un avance en el aprendizaje, pasando de la región “Baja Baja” donde hay un bajo dominio del tema de estudio a “Media Media”, esto es, donde se logra una comprensión media de la ley de Ohm y los circuitos eléctricos de corriente continua. Por otro lado, para el grupo experimental 5IM13, el 67% de las respuestas se concentraron en la región “Baja Baja”, similarmente al grupo control, sobre la falta de dominio del tema de la ley de Ohm y de circuitos eléctricos. Pero después de la instrucción con CDIS, se aprecia un buen cambio en las respuestas del post test, pues el 53.33 % se ha trasladado a la región “Alta Alta”. Así como un 33.33 % se concentró en la región “Media Media”, lo cual representa un cambio significativo, pues la tendencia es crecer hacia los modelos “Medio Alto” y “Alto Alto”. Estos resultados para los dos grupos evidencian la evolución de los estudiantes

En tercer lugar, utilizamos el modelo unidireccional de Rasch para obtener los parámetros de habilidad (θ) de los estudiantes para responder las preguntas del test ECCE reducido, y también para obtener los parámetros de dificultad (δ) que representó cada pregunta para el estudiante. Lo encontrado fue similar a los análisis de Hake y Bao & Redish, esto es, en ambos grupos del estudio hubo un avance en el aprendizaje, sin embargo este fue mayor en el grupo experimental. Así lo evidencian las curvas de respuesta al ítem, las tablas de habilidades de los estudiantes y la dificultad que tuvieron antes y después de la instrucción. El grupo experimental 5IM13 evolucionó en su habilidad media grupal baja del 68%, la habilidad grupal media de 16% y la habilidad grupal muy baja de 16%. Después de la implementación de la Clase Demostrativa Interactiva Significativa con soporte PhET, la habilidad grupal media aumentó hasta el 84% y surgió un 16% de habilidad grupal alta. En contraste con el grupo control 5IM18 que inicialmente tenía su habilidad grupal del 39.1%, la habilidad baja del 38.1% y la

Habilidad Muy Baja de 21.8%. Después de la instrucción tradicional el grupo 5IM18 control evolucionó a una Habilidad media del 56.52%, la habilidad baja del 8.7%, la muy baja de 13.04%, alta de 17:39% y Muy alta de 4.35%. El impacto de ambas metodologías de enseñanza, es evidente en ambos grupos, siendo mayor en el experimental.

En cuarto lugar, realizamos un breve análisis de la t de student, en donde se reporta que la diferencia media no es igual a cero, sino que para el grupo control 5IM18 es 21.16 y para el experimental 5IM13 es 41.84. Como esta diferencia es significativa, entonces podemos desechar la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna.

Finalmente, se aplicó un cuestionario de diferencial semántico únicamente al grupo experimental 5IM13, para averiguar las percepciones de los estudiantes acerca de la utilización de las simulaciones computacionales interactivas PhET, y en general las respuestas del test fueron positivas, mostrando una gran aceptación general, tanto en su facilidad de manipulación, si son divertidas, importantes, comprensibles, ahorran tiempo, comprensibles, etc.

5.2 Propuesta de mejoras

De acuerdo a lo que pudimos realizar con estudiantes y la colaboración con los maestros de la Academia de Física, proponemos las siguientes recomendaciones:

- 1) Capacitar al núcleo básico docente en la utilización adecuada de simulaciones computacionales interactivas y en los rudimentos del Aprendizaje Activo y el

Aprendizaje Significativo, para que puedan integrar este recurso didáctico de una forma realmente significativa.

2) Renovar la red telemática del laboratorio de física, para evitar los inconvenientes de la falta de cobertura de internet inalámbrico, y dar mantenimiento correctivo a los medios electrónicos del laboratorio los cuales facilitan la proyección de las simulaciones y la captura de datos de laboratorio en tiempo real.

3) Renovar y conseguir nuevo equipo de cómputo de forma tal que pueda estar integrado en todos los cursos de física tanto para la clase teórica, como para la clase experimental en el laboratorio de física.

4) Desarrollar un repositorio en la web con las diferentes simulaciones, sean interactivas, physlets, o de software comercial, de forma que cada curso de física del CECyT pueda ser complementado en su totalidad con tales materiales interactivos en la web, que se esperaba fueran estructurados en forma colegiada y con fundamento en la investigación educativa, para que los estudiantes tengan acceso a sus clases tradicionales y a su vez al vasto arsenal computacional disponible de forma gratuita en internet.

5) Si bien el tema de circuitos eléctricos de corriente continua es un tema trillado en la investigación educativa, en el presente trabajo nos permitió experimentar una nueva metodología de las UEPS combinadas con CDI y además introducir simulaciones computacionales. Es recomendable abarcar al tema de circuitos eléctricos de corriente alterna, ya que a diario estamos en contacto con ella.

5.3 Problemáticas encontradas

Uno de los puntos que faltó cubrir en la CDIS, es enfatizar mediante algunos ejercicios tanto las definiciones básicas como circuito eléctrico, caída de voltaje, corriente eléctrica y trabajar configuraciones de circuitos eléctricos resistivos más elaboradas, incluso tridimensionales para ayudar a los estudiantes a poder reducir los circuitos complicados a estructuras sencillas de circuitos en serie o paralelo.

Al trabajar en la sesión de laboratorio de física presencial, encontramos diversos problemas de conectividad a internet, y eso desanimaba a los estudiantes, de forma que al no ver los equipos listos, así como la proyección de la clase en la pantalla grande o en la TV, o que no se podía realizar la simulación en la web, simplemente querían desertar de la clase. Posteriormente, cuando ya convivían con otros estudiantes, se notaba la actitud derrotista de algunos de ellos.

La otra problemática encontrada, es que, el invertir tiempo para realizar investigación educativa es muy demandante, y se debe dedicar tiempo para preparar clases que sean realmente significativas. Lo cual es difícil realizar con los nuevos profesores de la escuela pues son contratados por horas, y no tienen la descarga académica de sus grupos para realizar actividades complementarias a la docencia.

También, tuvimos la percepción de que falta dar más tiempo al laboratorio de física, para que los estudiantes desarrollen más sus habilidades experimentales. El alternar una sesión teórica con una sesión experimental, y además ser complementadas por las

simulaciones computacionales interactivas, pueden enriquecer y facilitar la enseñanza de conceptos complicados tales como campos o potenciales de fuerzas.

5.4 Futuras líneas de investigación

Nuestra propuesta didáctica ha combinado el Aprendizaje Activo y el Aprendizaje Significativo para la enseñanza de circuitos eléctricos de corriente continua, y solo nos hemos enfocamos a estructurar la Unidad Educativa Potencialmente Significativa para circuitos resistivos en serie y paralelo, por consiguiente sería interesante ampliar nuestro estudio a circuitos resistivos capacitivos e inductivos, a leyes de Kirchhoff o incluso a circuitos eléctricos de corriente alterna. Más aún explorar otros temas de electricidad del Programa de Estudios de Física III, como ley de Coulomb, potencial eléctrico, campo eléctrico, ley de Gauss, etc. También, sería interesante buscar nuevos enfoques de enseñanza de los circuitos eléctricos, como por ejemplo por diferencia de potenciales (Burde & Wilhelm, 2020b). Además, de considerar otras ramas de la física como la mecánica clásica, termodinámica y óptica. Asimismo, es interesante explorar la evolución académica de los estudiantes que van regresando de un periodo prolongado de aislamiento físico, en donde las clases se impartieron en formato virtual, y a pesar de que se utilizaron simulaciones computacionales, el poder monitorear, controlar y medir su impacto no ha sido fácil, por ello se prefirió incluir datos de la primera fase de clases presenciales del semestre 2022A. También, se podría incluir como parte de la investigación la parte de actitudes y motivación, pues el transitar académicamente en un periodo de 2 años de pandemia no ha sido fácil ni para los estudiantes ni para los docentes.

Inicialmente consideramos realizar la tesis con un enfoque semiótico, para investigar la relación experimento y formulación matemática, pero al imponerse el distanciamiento social obligatorio, tuvimos que cambiar de rumbo en la investigación. Sin embargo, ahora estamos en condiciones de interacción directa con los estudiantes y poder investigar los diferentes registros semióticos algebraicos y de graficación, e incluso relacionarlos con simulaciones computacionales interactivas.

Otra posible línea de investigación es la generación de materiales educativos significativos con simulaciones computacionales interactivas, o más aún con realidad virtual enfatizando el uso de mapas conceptuales y la V de Gowin. Medir su impacto en el aprendizaje y buscar nuevas formas de evaluación.

Finalmente, considerar el Aprendizaje Activo de la Física utilizando diversas aproximaciones para desarrollar el pensamiento crítico en los estudiantes, quizás por medio de la reflexión filosófica, vía la Filosofía para Niños y Jóvenes, o mediante Talleres Filosóficos que traten temas de física en contexto para ver su utilidad y aplicación.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

Aguirre-García, J. C. & Jaramillo-Echeverri, L. G. (2008). Consideraciones acerca de la investigación en el aula: más allá de estar a la moda. *Educación y Educadores*, **11**(1), 43-54. Consultado el 14 de agosto de 2022, disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-12942008000100004&lng=en&tlng=es.

Ajredini, F., Gjevori, A., Izairi, N., Rasimi, K., Zajkov, O. (2019). PHET simulations vs real experiments for better understanding electrical resistance. *Science & Research*, **III**(1), 35-41.

Alamatsaz, N. & Ihlefeld, A. (2020). Teaching Electronic Circuit Fundamentals via Remote Laboratory Curriculum. *Biomedical Engineering Education*, **1**(1), 105–108. <https://doi.org/10.1007/s43683-020-00008-x>.

Alatas, F., Pohana, H., Nisa, A. S. (2018). The Implementation of Virtual Laboratory PhET Guided Discovery Learning on Students' Achievement: Dynamic Electricity Topic. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, **115**, 61-65.

Alejandro, C. A. (2004). Prácticas de laboratorio de Física general en internet. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **3**(2), 202-210.

Alejandro, C. A. & Perdomo, J. M., (2005). SIDEF: Sistema Interactivo Didáctico para la Enseñanza de la Física. *Revista Quaderns Diqitals.net*. Disponible en:

http://www.quadernsdigital.net/datos/hemeroteca/r_1/nr_636/a_8620/8620.pdf

Consultado el 26 de julio de 2022.

- Andrews, J. D.W. (1980). The Verbal Structure of teacher Questions: Its Impact on Class Discussion. *POD Quatero*, **2**(3&4), 129-63.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart, & Winston. (Reprinted 1986, New York: Werbel & Peck).
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento*. Una perspectiva cognitiva. Barcelona: Ed. Paidós.
- Baker, F. B., & Kim, S.-H. (2017). *The Basics of Item Response Theory Using R*. USA: Springer Verlag.
- Bao, L. & Redish, E. (2001). Concentration Analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics Supplement*, **69**(S1), S45-S53. <https://doi.org/10.1119/1.1371253>.
- Banda, H. J. & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, **17**, 023108.
- Barba, B. (2005). Educación y valores: Una búsqueda para reconstruir la convivencia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, **10**(24), 9-14. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/140/14002402.pdf>. Consultado el 13 de julio de 2022.

- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3–12.
- Baser, M. (2006). Effects of Conceptual Change and Traditional Confirmatory Simulations on Pre-Service Teachers' Understanding of Direct Current Circuits. *Journal of Science Education and Technology*, 15(5), 367-381.
- Bauer, K., & Fischer, F. (2007). The educational research-practice interface revisited: A scripting perspective. *Educational Research and Evaluation*, 13(3), 221-236.
- Bender, W. N. (2012). *Project-Based Learning: Differentiating Instruction for the 21st Century*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press. ISBN 978-1-4522-7927-5.
- Benítez, Y. (2012). *Una Clase Demostrativa Interactiva para la enseñanza de la caída libre de los cuerpos*. Tesis de Doctorado en Física Educativa. CICATA Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Blanco, L.J. (2006). El Informe PISA como instrumento de evaluación del Sistema educativo. *La Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*, 8(3), 713-724.
 Disponible en
<https://www.eweb.unex.es/eweb/ljblanco/documentos/2006%20Blanco%20La%20Gaceta%20RSME%20Informe%20PISA.pdf#:~:text=Por%20otra%20parte%2C%20la%20evaluaci%C3%B3n%20del%20informe%20PISA,valorando%20sus%20elecciones%20y%20la%20toma%20de%20decisiones>. Consultado el 16 de mayo de 2022.
- Bligh, D. A. (1986). *Teach Thinking by Discussion*. Guildford, Surrey, Great Britain: Society for Research into Higher Education and NFER-NELSON.

- Bonwell, Ch. C. & Eison, J. A. (1991). *Active Learning; Creating Excitement in the Classroom. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1*. Washington, D.C.: The George Washington University, School of Education and Human Development.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, W. (2020a). *Results of a Design-Based-Research Study to Improve Students' Understanding of Simple Electric Circuits*. En Guisasola, J. & Zuza, (2020). *Research and Innovation in Physics Education: Two Sides of the Same Coin*. Switzerland: Springer. Págs. 119-134. ISBN: 978-3-030-51182-1, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51182-1.119-134>
- Burde, J.-P. & Wilhelm, W. (2020b). Teaching electric circuits with a focus on potential differences. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **16**, 020153 (2020).
- Campanelo, J. R. & Marín, J. (2001). Un Sistema Didáctico para la Enseñanza: Aprendizaje de la Física. *Rev. Bras. Ensino Fís.* **23**(3), 329 – 350. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172001000300011>.
- Campanelo, J. R. (2003). Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la física. *Rev. Bras. Ensino Fís.* **25**(1), 86 – 104. <https://doi.org/10.1590/S0102-47442003000100011>.
- Carranco Madrid, S., Pando Moreno, M., Aranda Beltrán, C., & León Cortes, S. (2020). Tendencias actuales de la investigación en docencia universitaria. *RECIAMUC*, **4**(2), 58-67. doi:10.26820/reciamuc/4.(2).abril.2020.58-67.
- Chickering, A. W. & Gamson, Z. F. (1987). Seven Principles for Good Practice. *AAHE Bulletin* **39**: 3-7. ED 282 491. 6 pp. MF-01; PC-01.

- Chism, N., Jones, C., Macce, B. & Mountford, R. (1989). *Teaching at The Ohio State University: A Handbook*. Columbus: Ohio State Univ., Center for Teaching Excellence.
- Coello, S. M., Crespo, T., Hidalgo, J., Díaz, D. (2018). El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico crítico de estudiantes de Física. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, **12**(2), 2306-1 - 2306-8. Disponible en:
<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6556407.pdf>. Consultado el 5 de agosto de 2022.
- Cohen, P. A., Ebeling, B. J. & Kulik, J. A. (1981). A Meta analysis of Outcome Studies of Visual-Based Instruction. *Educational Communication and Technology Journal*, **29**(1), 26-36.
- Cohen, E. G. (1986). *Designing Groupwork*. New York & London: Columbia Univ., Teachers College.
- Coletta, V. P. & Phillips, J. A. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, **73**(12), 1172, <https://doi.org/10.1119/1.2117109>.
- Contreras, F. A. (2016). El aprendizaje significativo y su relación con otras estrategias. *Horizonte de la Ciencia*, **6**(10), 130-140. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/5709/570960870014/html/>. Consultado el 4 de agosto de 2022.
- Cooper, J. (1990). Cooperative Learning and College Teaching: Tips from the Trenches, *The Teaching Professor*, **4**, 1-2.

Davies and Omberg (1986). Delić, H. & Bećirović, S. (2016). Socratic Method as an Approach to Teaching. *European Researcher. Series A*, (111)10, 511-517.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/309634848_Socratic_Method_as_an_Approach_to_Teaching. Consultado el 30 de julio de 2022.

De Camilloni, A. W. (2002). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. México: Gedisa. ISBN: 9788474328554.

della Chiesa, B. (2009). *LA COMPRENSIÓN DEL CEREBRO El nacimiento de una ciencia del aprendizaje*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez. ISBN 978-956-7947-92-8.

Dellwo, D. R. (2010). Course assessment using multi-stage pre/post testing and the components of normalized change. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, **10**(1), 55 – 67.

Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. & Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, **2**, 010105.

Dori, Y. J. & Belcher, J. (2009). How Does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students' Understanding of Electromagnetism Concepts? *The Journal of the Learning Sciences*, **14**(2), 243–279.

Ellner, C. L. & Barnes, C.P. (1983). *Studies of College Teaching*. Lexington, Mass.: D.C. Heath & Co.

Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2003). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys.*, **72**(1), 98-115.

- Elizondo, M. S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*, Año 3, No. 5, 70-77.
- Enríquez, R. I. (2021). La Efectividad del Aprendizaje Activo en la Práctica Docente. *EduSol*, **21**(74), 1-9. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/eds/v21n74/1729-8091-eds-21-74-102.pdf>. Consultado el 5 de agosto de 2022.
- Esquembre, F. (2005). *Creación de Simulaciones interactivas en Java, Aplicación a la Enseñanza de la Física*. España: Pearson. ISBN: 978-84-205-4009-2.
- Ferreira, J. & Rodríguez, R. (2011). Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de Física del IPC. *Revista de Investigación*, **73**(35), 61-84. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/ri/v35n73/art05.pdf> Consultado el 7 de agosto de 2022.
- Fishbein, M. & Raven, B. H. (1962). The AB scales: an operational definition of belief and attitude, *Human Relations*, **15**, 35-44.
- Gall, M. D. (1970). The Use of Questions in Teaching. *Review of Educational Research*, **40**, 707-721.
- García, F. G, Rayó, A. L., Font, M., (2011). *El modelo educativo del Instituto Politécnico Nacional enfocado a cumplir su compromiso social*. VI Foro Institucional de Investigación Educativa. Ciudad de México: IPN, pp. 145-150. ISBN 978-607-414-247-1.
- Giacosa, N., Giorgi, S. & Concari, S. (2009). *Applets en la Enseñanza del Electromagnetismo y la Óptica*. Third National Congress of Industrial Engineering, pp. 1-18, Argentina.

- Gil, J., Solano, F., Tobaja, L. M., Monfort, P. (2013). Propuesta de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para la resolución de problemas de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **35**(2), 2402-1 - 2402-12.
- Girón, J. (2020). *Educación y pandemia una vision académica*. Ciudad de México: UNAM Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación. ISBN: 978-607-30-3220-9. Disponible en:
https://www.iisue.unam.mx/investigacion/textos/educacion_pandemia.pdf,
consultado el 3 de agosto de 2022.
- Gowin, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Guerchi, E. & da Silva, P. R. (2014). Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da educação de jovens e adultos. *Investigações em Ensino de Ciências*, **19**(2), 477-504.
- Guisasola, J. & Zuza, (2020). *Research and Innovation in Physics Education: Two Sides of the Same Coin*. Switzerland: Springer. ISBN: 978-3-030-51182-1,
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-51182-1>.
- Gunstone, R. (2016). *Meaningful Learning. Encyclopedia of Science Education*. London: Springer Science+Business Media Dordrecht. DOI 10.1007/978-94-007-2150-0.
- Gutiérrez, D., Zepa, M. L., González, N., Pirela, C. (2007). La investigación educativa en el hacer docente. *Laurus Revista de Educación*, **13**(23), 279-309. [fecha de Consulta 14 de julio de 2022]. ISSN: 1315-883X. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76102315>.

- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, **66**(1), 64-74, <https://doi.org/10.1119/1.18809>.
- Hake, R. (2002). Lessons from the Physics Education Reform Effort. *Conservation Ecology*, **5**(2), 28-59. Disponible en:
https://www.jstor.org/stable/pdf/26271821.pdf?refreqid=excelsior%3A1df63bc689d85c0f1fb3a2769fba330d&ab_segments=&origin=&acceptTC=1
- Hake, R. (2007). Six Lessons From The Physics Education Reform Effort. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, **1**(1), 24-31. Disponible en: http://lajpe.org/sep07/HAKE_Final.pdf, consultado el 30 de mayo de 2022.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (J. Mares-Chacon (ed.)). México: McGraw Hill Intereamericana Editores.
- S.A.
- Herreid CH. (1994). Case studies in science: A novel method of Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, **23**(4), 221–229.
- Herrera, E. & Sánchez, I. (2012). La uve de Gowin como instrumento de aprendizaje y evaluación de habilidades de indagación en la unidad de fuerza y movimiento. *PARADIGMA*, **XXXIII**(2), 101 – 125.
- House, E. R. (1974). *The Politics of Educational Innovation*. Berkeley, Cal.: McCutchan.
- Hussain, A., Azeem, M., Shakoor, A. (2011). Physics Teaching Methods: Scientific Inquiry vs Traditional Lecture. *International Journal of Humanities and Social Science*, **1**(19), 269 – 276. Disponible en:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48843653/2011_IJHSS_Physics_teaching_methods-scientific_inquiry_vs_traditional_lecture-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663181496&Signature=Xml4vm3a9WOqqibl6LhtQi~at-0amHXhebXy4MUX~M~nKyilbyuzwPwG9dtRPOEwBtYjNSviHT~ONf7-VTMuy2wZIX~1lcZ~-gnjcvUH-GVuIhhwPy4do0NuGIOIzl5uaWa5DbBIP128badiSuQyzRjluFOK9h5qLldp43g11nKOk95517p0n-D6kHfmuavkxZtGZXqGxC1WpqqZJmZnvIa1AoK6PLMy1~qeN1f4FSBefIzy9Q4lBfhbybAh5omt6e1hoqHnQsoSKnHf0Mx6lxvj9Z60kvQWIRJQgCkw76M2qjczW-z8oavvseKb0CZQXdCO0PhcfvNMXpwRc6IZfw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Idoyaga, I. J. (2022). El Laboratorio Extendido: rediseño de la actividad experimental para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Divulgación de Metodologías Emergentes en el Desarrollo de las STEM*, **4**(1), 20-49.

Imbanchi-Rodríguez, I. A., Suárez, O. & Becerra-Rodríguez, D. F. (2022). Comprensión de circuitos eléctricos apoyados en el aprendizaje activo y en dispositivos móviles. *Revista Eco matemático*, **13**(1), 46-54.

(IPN, 2022). <https://www.ipn.mx/comunidad/organizacion-y-estructura/mision-e-historia.html#mision>. Consultado el 19 de julio de 2022.

Kaestle, C. (1993). The awful reputation of education research. *Educational Researcher*, **22**(1), 23-31.

Kennedy, M. M. (1997). The Connection between Research and Practice. *Educational Researcher*, **26**(7), 4-12.

- Kline, M. (1998). *El fracaso de la matemática moderna. Por qué Juanito no sabe sumar*. México: Siglo Veintiuno Editores. ISBN 968-23-1662-6.
- Koopman, O., Van Wyk, M. M., Koopman, K. J. (2020). Science Teachers' Views and Applications of Technology-Based Teaching. *Ubiquitous Learning: An International Journal*, **13**(3), 25-42.
- Knight, J. K. & Brame, C. J. (2018). Peer Instruction. *CBE—Life Sciences Education*, **17**, 1–4.
- Koller (____). Disponible en https://www.dol.gov/sites/dolgov/files/ETA/reports/pdfs/TBL_Paper_FINAL.pdf
- Lavis, J.N., Robertson, D., Woodside, J.M., McLeod, C.B. y Abelson, J. (2003). How can research organizations more effectively transfer research knowledge to decision makers? *Milbank quarterly*, **81**(2), 221-248.
- Laws, P. W., Willis, M. C., Sokoloff, D. R. (2015). Workshop physics and related curricula: a 25-year history of collaborative learning enhanced by computer tools for observation and analysis. *Phys Teach*, **53**(7), 401–406.
- Lee, V. (2012). What is Inquiry-Guided Learning? *New Directions for Learning*, **129**, 5-14.
- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, **2**, 34–46.
- López, M. V., Córdoba, C. M., Soto, J. F. (2020). Educación STEM/STEAM: Modelos de implementación, estrategias didácticas y ambientes de aprendizaje que potencian las habilidades para el siglo XXI. *Lat. Am. J. Sci. Educ.* **7**(1), 12002-1 -

12002-16. Disponible en [http:// http://lajse.org/may20/2020_12002.pdf](http://http://lajse.org/may20/2020_12002.pdf).

Consultado el 5 de agosto de 2022.

López, S., Veit, E. A., Solano, I. (2016). Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **38**(2), e2401.

López-Tavares, D., Kauzmann, M. & Perkins, K. (2021). *Visualizing student engagement with simulations: a dashboard to characterize and differentiate instructional approaches*. Conference Paper PERC, DOI: 10.1119/perc.2019.pr.Tavares.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/338618779_Visualizing_student_engagement_with_simulations_a_dashboard_to_characterize_and_differentiate_instructional_approaches/link/5ed19205299bf1c67d274ba5/download. Consultado el

26 de julio de 2022.

McMillan, J., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. México: Editorial Pearson Educación S.A.

Mair, P., Hatzinger, R., Maier, M. J., Rusch, T., & Debelak, R. (2022). *Package 'eRm'. Extended Rasch Modeling* [manual]. Disponible en <https://cran.r-project.org/web/packages/eRm/vignettes/eRm.pdf> Consultado el 15 de agosto de 2022.

Masruroh, N. Ch., Vivianti, A., Anggraeni, P. M., Waroh, S. N., Wakhidah, N. (2020). Application of Phet Simulation to Electrical Circuits Material in Online Learning. *Integrative Science Education and Teaching Activity Journal*, **1**(2), 130 – 142. e-ISSN 2722-8495.

- Matos, Y. & Pasek, E. (2008). La observación, discusión y demostración: técnicas de investigación en el aula. *Laurus Revista de Educación*, **14**(27), 33-52.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. USA: Prentice Hall.
- Mazzolini, A., Edwards, T., O'Donoghue, P., Nopparatjamjomras, S. (2010). Using Interactive Lecture Demonstrations to Enhance Student Learning in Electronics. *Proceedings of the 2010 AaeE Conference, Sydne*, pp. 417-422.
- Meltzer, D. E. & Thornton, R. K. (2012). Resource Letter ALIP-1: Active-Learning Instruction in Physics. *Am. J. Phys.* **80**(6), 478-496.
- Menges, R. J. (1988). Research on Teaching and Learning: The Relevant and the Redundant. *Review of Higher Education*, **11**, 259-68.
- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G. & Mars, R. (1995). A Generative Theory of Textbook Design: Using Annotated Illustrations to Foster. *Educational Technology Research and Development*, **43**(1), 31-43. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/pdf/30220110.pdf>, consultado el 1 de mayo de 2022.
- Michael J. (2006). Where's the evidence that Active Learning works? *Advances in Physiology Education*, **8**, 159-167.
- Miller, K., Lasry, N., Reshef, O., Dowd, J., Araujo, I. & Mazur, E. (2010). Losing it: The Influence of Losses on Individuals' Normalized Gains. *AIP Conference Proceedings*, **1289**(1), 229, <https://doi.org/10.1063/1.3515208>.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., Novak, J. D. (1997). Chapter 13 - Meaningful Learning in Science: The Human Constructivist Perspective. In: Phye, G. D. (1997). *The Handbook of Academic Learning*. USA: Elsevier. ISBN 978-0-12-554255-5, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-554255-5.X5000-5>.

- Mora, C. & Moltó, E. (2019). *Algunos Fundamentos del proceso de enseñanza y aprendizaje de la física*. Ciudad de México: Editorial Colofón. ISBN 978-607-635-079-9
- Mora, C., Sánchez-Sánchez, R., Culaba, I. B. (2020). *Aprendizaje Activo de la Física: Clases Demostrativas Interactivas*. Ciudad de México: Editorial Comunicación Científica. ISBN: 978-607-99003-9-7.
- Mora, C., Suárez. C. P., Félix, J. (2022). *La enseñanza de la física y el modelo STEM*. Ciudad de México: Editorial Comunicación Científica. ISBN 978-607-99636-2-0.
- Mora, C., Moreira, M. & Meneses, J. A. (2022). Unidades de enseñanza potencialmente significativas y aprendizaje activo para enseñar circuitos eléctricos con simulaciones PhET. *Lat. Am. J. Sci. Educ.*, **9**(1), 23020-1 - 23022-14. Disponible en [http:// http://lajse.org/may22/2022_12020.pdf](http://lajse.org/may22/2022_12020.pdf). Consultado el 8 de agosto de 2022.
- Morantes, Z., Arrieta, X., Nava, M. (2013). La v de Gowin como mediadora en el desarrollo de la formación investigativa. *GÓNDOLA Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias*, **8**(2), 12-33.
- Moreira, M. A. (1997a). Aprendizaje Significativo: Un concepto subyacente. En Moreira, M. A., Caballero, M. C. y Rodríguez, M. L. (orgs.) (1997). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Burgos, España, pp. 19-44.
- Moreira, M. A. (1997b). Mapas conceptuales y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación en Ciencias*, **4**(2), 38-44.
- Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.

- Moreira, M. A. (2008). *Conceptos de la educación científica: ignorados y subestimados*.
Currículum, No. 21, págs. 9-26, Tenerife: Universidad de La Laguna. Servicio de
Publicaciones.
- Moreira, M. A. (2010). *¿Al final, qué es Aprendizaje Significativo?* Lección Inaugural del
Programa de Posgrado en Enseñanza de las Ciencias Naturales, Instituto de Física,
Universidad Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS.
Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review, **1**(2), 43-63.
- Moreira, M. A. (2012). La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico: un referente para
organizar la enseñanza contemporánea. *Revista Iberoamericana de Educación
Matemática*, No 31, 9-20. ISSN: 1815-0640.
- Murillo Torrecilla, F. J., & Perines Véliz, H. A. (2016). Cómo los docentes no
universitarios perciben la investigación educativa. *Revista Complutense de
Educación*, **28**(1), 81-99. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n1.48800.
- Mystakidis, S. (2021). *Deep Meaningful Learning*. *Encyclopedia 2021*, 1, 988–997.
<https://doi.org/10.3390/encyclopedia1030075>.
- Novak, J. D. (1994). A view on the current status of Ausubel's assimilation theory of
learning. *CADMO: Giornale Italiano di Pedagogia, Sperimentale, Didattica,
Docimologia, Tecnologia dell'instruzione*, **2**(4), 7–23.
- Novak, J. D. (2022). *Meaningful Learning: The Essential Factor for Conceptual Change
in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies Leading to Empowerment
of Learners*. In: Gregory J. Kelly and Richard E. Mayer, Wiley Periodicals, Inc.

- Okpala, N. P & Onocha, C. O. (1988). The Relative Effects of two Instructional Methods on Students' Perceived Difficulty in Learning Physics Concepts. *Kenya Journal of Education*, **4**(1), 147-61.
- Olivares, C., Merino, C., Quiroz, W. (2014). Gowin's V as an instrument for systematization of chemical knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **116**(2014) 2064 – 2068.
- Orlaineta, S. (2012). *Los cómics en la enseñanza de la Física: diseño e implementación de una secuencia didáctica para circuitos eléctricos en bachillerato*. Tesis de Maestría en Ciencias en Física Educativa. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Osgood, C. E., Suei, G. J. & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning*. USA: Urbana, University of Illinois Press.
- Paula, H. F. & Talim, S. L. (2012). Uso coordinado de ambientes virtuais e outros recursos mediacionais no ensino de circuitos elétricos. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, **29**(Especial 1), 614-650.
- Pedler, M. (2016). *Reginald Revans: The Pioneer of Action Learning*. En: D.B. Szabla et al. (eds.), *The Palgrave Handbook of Organizational Change Thinkers*. USA: Palgrave Macmillan Cham: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49820-1>.
- Perines, H. (2016). *Las difíciles relaciones entre la investigación educativa y la práctica docente*. Tesis doctoral en Educación, Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/675641/perines_veliz_haylena_lejandra.pdf?sequence=1. Consultado el 18 de junio de 2022.

- Perrault, E. K. & Albert, C. A. (2017). Utilizing Project-Based Learning to increase sustainability attitudes among students. *Applied Environmental Education & Communication*, **17**(2), 96–105.
- Podolefsky, N., Moore, E. & Perkins, K. (2014). *Implicit scaffolding in interactive simulation: Design strategies to support multiple educational goals*. Descargado de <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1306/1306.6544.pdf>
- Ramos, O. (2009). La v de Gowin en el laboratorio de química: Una experiencia didáctica en educación secundaria. *Investigación y Postgrado*, **24**(3), 161-188.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhagen: The Danish Institute of Educational Research. (Expanded edition, 1980. Chicago: The University of Chicago Press.).
- Revans, R. W. (1982). *The origin and growth of action learning*. USA: Chartwell-Bratt, Brickley.
- Revans, R. (2011). *ABC of action learning*. Farnham: Gower.
- Reza, M. & Esmailpour, A. (2010). A study on the impact of real, virtual and comprehensive experimenting on students' conceptual understanding of DC electric circuits and their skills in undergraduate electricity laboratory. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, **2**, 5474–5482.
- Rodríguez, M. L. (2004). La teoría del aprendizaje significativo en A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González, Eds. *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology* Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain 2004.

- Rodríguez, M. (2019). *Aprendizaje Activo y prototipo didáctico, una forma de enseñar circuitos eléctricos a los alumnos de bachillerato*. Tesis de Maestría en Ciencias en Física Educativa. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Rost, J. (2001). *Chapter 2: The Growing Family of Rasch Models, in Essays on Item Response Theory*, In Boomsma, A., van Duijn, M. A.J., Snijders, T. A. B. (Editors), *Essays on Item Response Theory*, New York: Springer Science+Business Media LLC, pp. 25-44.
- Roy, A. (2019). Technology in teaching and learning. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, **6**(4), 356-362.
- Shakhashiri, S. B. (1984). Lecture Demonstrations. *Journal of Chemical Education*, **61**, 1010-11.
- Sánchez, R. & Mora, C. (2021). Analysis of some properties of the Rasch model in Physics Education. *American Journal of Educational Research*, **9**(3), 125-132.
- Santoso, P. H. & Munawanto, N. (2020). Approaching Electrical Circuit Understanding with Circuit Builder Virtual Laboratory. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, **9**(2), 259-269.
- Schewartz, S. y Pollishuke M. (1998). *Aprendizaje Activo, una organización de la clase centrada en el alumnado*. España: Narcea.
- Shieh, R. S., Chang, W. & Liu, E. Z.-F. (2011). Technology enabled active learning (TEAL) in introductory physics: Impact on genders and achievement levels. *Australasian Journal of Educational Technology*, **27**(7), 1082-1099.
- Siegfried, J. J. & Fels, R. (1979). Research on Teaching College Economics: A Survey. *Journal of Economic Literature*, **17**, 923-69.

- Sokoloff, D. R. (1996). *Teaching Electric Circuit Concepts Using Microcomputer-Based Current/Voltage Probes*. In: Tinker, R.F. (eds) *Microcomputer-Based Labs: Educational Research and Standards*. NATO ASI Series, vol 156. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-61189-6_7.
- Sokoloff, D. R. & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher*, **35**, 340.
- Sokoloff, D. (1998). *The Electric Circuits Conceptual Evaluation (ECCE)*. [Online]. Available in:

<https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=25&A=ECCE>.
- Sokoloff, D. (2006). *Active Learning of Optics and Photonics*. Paris: UNESCO.
- Sokoloff, D. (2012). Active learning of introductory optics: Strategies for the U.S. and the developing World. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, **6**(Suppl. I), 16-22. Disponible en http://www.lajpe.org/icpe2011/3_David_Sokoloff.pdf. Consultado el 9 de agosto de 2022.
- Surtiana, Y., Suhandi, A., Putri, K. L., Setiawan, W. Siahaan, P., Samsudin, A., Costu, B. (2020). Reconstruction High School Student's Conception about Parallel Electrical Circuit Concept Using Virtual Conceptual Change Laboratory (VCCLab). *Universal Journal of Educational Research*, **8**(12B), 8169 – 8177.
- Suzarte, P. P. (2015). La prueba PISA: una mirada alternativa desde la Teoría del Actor-Red. *SUMMA PSICOLÓGICA UST*, **12**(1), 9-16.
- Tamrongkunan, T. & Tanitteerapan, T. (2021). *The development Learning by using of PhET Interactive Simulations Models for Teaching Direct Current*. International

Conference on Applied Electric and Mechanical Engineering. 28-32, Sept. 2021, Bangkok, Thailand.

Tao, P.-K. y Gunstone, R. F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, **36**(7), 859-882. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7<859::AID-TEA7>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7<859::AID-TEA7>3.0.CO;2-J),
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7<859::AID-TEA7>3.3.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7<859::AID-TEA7>3.3.CO;2-A)

Teixeira, P. F., Veit, E. A. & Moreira, M. A. (2010). A study about the learning of students who worked with computational modeling and simulation in the study of simple electric circuits. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **9**(3), 569-595.

Thistlethwaite, J. E., Davies, D., Ekeocha, S., Kidd, J. M., MacDougall, C., Matthews, P., Purkis, J. & Clay, D. (2012). The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No. 23. *Medical Teacher*, **34**(6), e421-e444.

Thornton, R. K. & Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using-time microcomputer-based laboratory tools, *Am. J. Phys.*, **58**, 858-867.

Thurstone, L. L. (1932). The measurement of social attitudes. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, No. 26, 249-269.

Velasco, J. & Buteler, L. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos años. *Enseñanza de las Ciencias*, **35**(2), 161-178.

- Vickrey, T., Rosploch, K., Rahmanian, R., Pilarz, M. & Stains, M. (2015). Research-Based Implementation of Peer Instruction: A Literature Review. *CBE—Life Sciences Education*, **4**, 1–11.
- Villareal, M., Lobo, H., Gutiérrez, G., Briceño, J., Rosario, J. & Díaz, J. C. (2005). La enseñanza de la física frente al nuevo milenio. *Revista Academia*, **4**, 2 – 5.
- Villoro, J. (2019). *Creer, saber, conocer*. México: Siglo veintiuno editores.
- Von Korff, J. Archibeque, B., Gomez, K. A., Heckendorf, T., McKagan, S. B., Sayre, E. C., Schenk, E. W., Shepherd, C. & Sorell, L. (2016). Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50 k-student study. *American Journal of Physics*, **84**(12), 969, <https://doi.org/10.1119/1.4964354>.
- Wales, C. E. & Stager, R. A. (1978). *The Guided Design Approach*. Englewood Cliffs NJ.: Educational Technology Publications.
- Wales, C. E., Nardi, A. H. & Stager, R. A. (1987). *Thinking Skills: Making a Choice* Morgantown, WV.: Center for Guided Design.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, S. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Octava Edición). México: Editorial Pearson Educación S.A.
- White, R. T. & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. Great Britain: Falmer Press.
- Whitman, N. A. (1988). Peer Teaching: To teach is to learn twice. ASHEERIC Higher Education Report No. 4. Washington, D.C.: Association for the Study of Higher Education. ED 305 016. 103 pp. MF- 01; PC-05.
- Wieman, C., Adams, W., Loeblein, P. & Perkins, K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, **48**(4), 225-227.

- Wilén, W. W. (1986). *Questioning Skills for Teachers*. 2d ed. Washington, D.C.: National Education Association. ED 310 098, 35 pp. MF-01.
- Wilson, J. M. y Redish, E. F. (1989). Using Computers. *Physics Today* (January), 34-41.
<https://doi.org/10.1063/1.881202>.
- Wood, D. F. (2003). ABC of learning and teaching in medicine: Problem based learning. *British Medical Journal*, **326**(7384), 328–330.
- Wu, M., Tam, H. P. & Jen, T. H. (2016). *Educational Measurement for Applied Researchers Theory into Practice*. Singapore: Springer Nature. ISBN 978-981-10-3300-1.
- Yuliati, L., Riantoni, C. & Mufti, N. (2018). Problem Solving Skills on Direct Current Electricity through Inquiry-Based Learning with PhET Simulations. *International Journal of Instruction*, **11**(4), 123-138.

ANEXOS

ANEXO I. Test Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE)

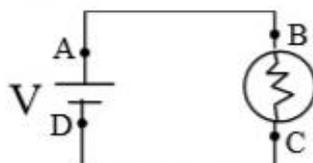
Versión completa

The Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE)

DIRECTIONS: Write your name, class and date above, and on the answer sheet. Answer questions 1-45 on the answer sheet by filling in the circle corresponding to the correct choice. Also include written answers for Questions 28, 30, 32 and 34 in the boxes below on these sheets.

On this test, all batteries are ideal (they have no internal resistance), and connecting wires have no resistance. Unlike most real bulbs, the resistances of the bulbs on this test do not change as the current through them changes.

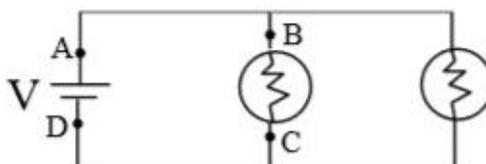
1. A bulb and a battery are connected as shown below.



Which is true about the current at various points in this circuit?

- A. The current is largest at A.
- B. The current is largest at B.
- C. The current is largest at C.
- D. The current is largest at D.
- E. The current is the same everywhere.
- F. The current is the same between A and B and smaller than between C and D.
- G. The current is the same between A and B and larger than between C and D.
- H. The current is the same everywhere except in the bulb.
- I. The current is the same everywhere except in the battery.
- J. None of these is true.

For Questions 2-5, a second identical bulb is added to the circuit in Question 1, as shown below.



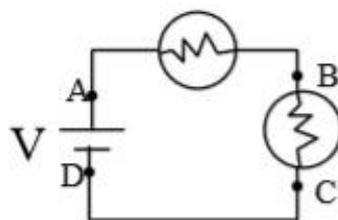
2. Compare the current at A now to the current at A before with only one bulb.
- A. The current at A is now twice as large as before.
 - B. The current at A is now larger than before but not twice as large.
 - C. The current at A is the same as before.
 - D. The current at A is now half as large as before.
 - E. The current at A is now smaller than before but not half as large.
 - J. None of these is correct.

3. Compare the current through the bulb connected between B and C now to the current through it before when there was only one bulb.
 - A. The current is larger than it was before.
 - B. The current is the same as before.
 - C. The current is smaller than it was before.

4. Compare the brightness of the bulb connected between B and C now to its brightness before when there was only one bulb.
 - A. The bulb is brighter than it was before.
 - B. The bulb is just as bright as before.
 - C. The bulb is dimmer than it was before.

5. Compare the potential difference across the bulb, V_{BC} , now to what it was before when there was only one bulb.
 - A. The potential difference is now twice as large as before.
 - B. The potential difference is now larger than before but not twice as large.
 - C. The potential difference is the same as before.
 - D. The potential difference is now half as large as before.
 - E. The potential difference is now smaller than before but not half as large.
 - J. None of these is correct.

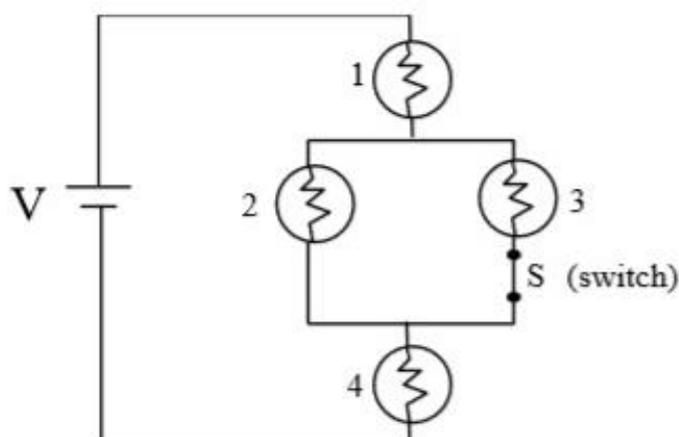
For questions 6-8, a second identical bulb is added to the circuit in Question 1 as shown below.



6. Compare the current at A now to the current at A with only one bulb.
 - A. The current at A is now twice as large as before.
 - B. The current at A is now larger than before but not twice as large.
 - C. The current at A is the same as before.
 - D. The current at A is now half as large as before.
 - E. The current at A is now smaller than before but not half as large.
 - J. None of these is correct.

7. Compare the potential difference across the bulb, V_{BC} , now to what it was before when there was only one bulb.
- The potential difference is now twice as large as before.
 - The potential difference is now larger than before but not twice as large.
 - The potential difference is the same as before.
 - The potential difference is now half as large as before.
 - The potential difference is now smaller than before but not half as large.
 - None of these is correct.
8. Compare the brightness of the bulb connected between B and C to its brightness before when there was only one bulb.
- The bulb is brighter than it was before.
 - The bulb is just as bright as before.
 - The bulb is dimmer than it was before.

Questions 9-16 refer to the circuit below in which four identical bulbs are connected to a battery. (The switch, S, is initially closed as shown in the diagram.)

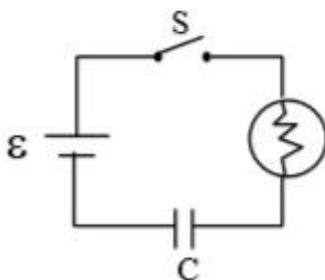


9. Which of the following correctly ranks the bulbs in brightness?
- All bulbs are equally bright.
 - 1 is brightest, 2 next brightest, 3 next brightest and 4 dimmest
 - 1 is brightest. 2 and 3 are equally bright, and each is dimmer than 1. 4 is dimmest.
 - 1 and 4 are equally bright. 2 and 3 are equally bright, and each is dimmer than 1 or 4.
 - 2 and 3 are equally bright. 1 and 4 are equally bright, and each is dimmer than 2 or 3.
 - 1 is brightest, 4 is next brightest. 2 and 3 are equally bright, and each is dimmer than 4.
 - None of these is correct.

10. Which of the following correctly ranks the currents flowing through the bulbs?
- A. All bulbs have the same current flowing through them.
 - B. The current through 1 is largest, 2 next largest, 3 next largest and 4 smallest.
 - C. The current through 1 is largest. 2 is the same as 3, and each is smaller than 1. 4 is smallest.
 - D. The current through 1 and 4 is the same. 2 is the same as 3, and each is smaller than 1 or 4.
 - E. The current through 2 and 3 is the same. 1 is the same as 4, and each is smaller than 2 or 3.
 - F. The current through 1 is largest, 4 is next largest. 2 is the same as 3, and each is smaller than 4.
 - J. None of these is correct.
11. Which of the following correctly ranks the potential differences across the bulbs?
- A. All bulbs have the same potential difference across them.
 - B. The potential difference across 1 is largest, 2 next largest, 3 next largest and 4 smallest.
 - C. The potential difference across 1 is largest. 2 is the same as 3, and each is smaller than 1. 4 is smallest.
 - D. The potential difference across 1 is the same as 4. 2 is the same as 3, and each is smaller than 1 or 4.
 - E. The potential difference across 2 is the same as 3. 1 is the same as 4, and each is smaller than 2 or 3.
 - F. The potential difference across 1 is largest, 4 is next largest. 2 is the same as 3, and each is smaller than 4.
 - J. None of these is correct.
12. What happens to the current through bulb 1 if the switch, S, is opened?
- A. It increases.
 - B. It remains the same.
 - C. It decreases.
 - D. Not enough information is given.
13. What happens to the current through bulb 2 if the switch, S, is opened?
- A. It increases.
 - B. It remains the same.
 - C. It decreases.
 - D. Not enough information is given.

14. Based on your answer for items (12) and (13) compare the current through bulb 2 with the switch, S, opened to the current through bulb 1 before the switch was opened.
- The current through bulb 2 now equals the current through bulb 1 before S was opened.
 - The current through bulb 2 now is more than half the current through bulb 1 before S was opened.
 - The current through bulb 2 now is half the current through bulb 1 before S was opened.
 - The current through bulb 2 now is less than half the current through bulb 1 before S was opened.
 - Not enough information is given.
 - None of these is correct.
15. Bulbs 2 and 3 are connected
- In series.
 - In parallel.
 - In series and parallel.
 - Neither in series nor parallel.
16. Bulbs 1 and 3 are connected
- In series.
 - In parallel.
 - In series and parallel.
 - Neither in series nor parallel.

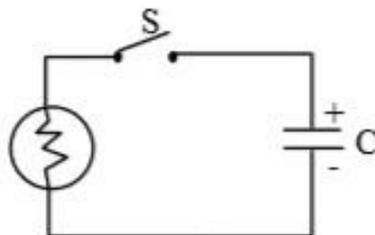
Questions 17-18 refer to the circuit below containing a battery, a capacitor, a bulb and a switch. The switch is initially open as shown in the diagram, and the capacitor is uncharged.



17. Which correctly describes what happens to the bulb when the switch is closed?
- The bulb is dim and remains dim.
 - At first the bulb is dim and it gets brighter and brighter until its brightness levels off.
 - The bulb is bright and remains bright.
 - At first the bulb is bright and it gets dimmer and dimmer until it goes off.
 - None of these is correct.

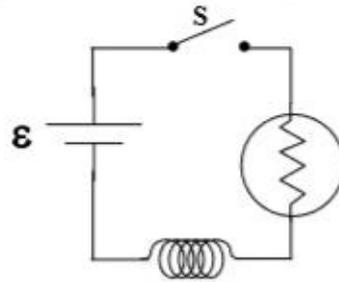
18. Which correctly describes what happens after the switch has remained closed for a long time?
- A. The bulb continues to shine brightly.
 - B. The bulb no longer shines.
 - C. The potential difference across the capacitor is steady and much smaller than ϵ .
 - D. The current in the circuit is steady and large.
 - J. None of these is correct.

Questions 19-20 refer to the circuit below containing a capacitor, a bulb and a switch. The capacitor is initially charged, and the switch is initially open as shown in the diagram.



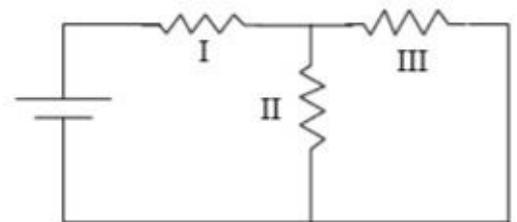
19. Which correctly describes what happens to the bulb when the switch is closed?
- A. The bulb is dim and remains dim.
 - B. At first the bulb is dim and it gets brighter and brighter until its brightness levels off.
 - C. The bulb is bright and remains bright.
 - D. At first the bulb is bright and it gets dimmer and dimmer until it goes off.
 - J. None of these is correct.
20. Which correctly describes what happens after the switch has remained closed for a long time?
- A. The bulb continues to shine brightly.
 - B. The bulb no longer shines.
 - C. The potential difference across the capacitor is steady.
 - D. The current in the circuit is steady and large.
 - J. None of these is correct.

Questions 21-22 refer to the circuit below containing a battery, an inductor, a bulb and a switch. The switch is initially open as shown in the diagram.



21. Which correctly describes what happens to the bulb when the switch is closed?
- A. The bulb is dim and remains dim.
 - B. At first the bulb is dim and it gets brighter and brighter until its brightness levels off.
 - C. The bulb is bright and remains bright.
 - D. At first the bulb is bright and it gets dimmer and dimmer until it goes off.
 - J. None of these is correct.
22. Which correctly describes what happens after the switch has remained closed for a long time?
- A. The bulb continues to shine brightly.
 - B. The bulb no longer shines.
 - C. The potential difference across the inductor is steady and much smaller than ϵ .
 - D. The current in the circuit is zero.
 - J. None of these is correct.

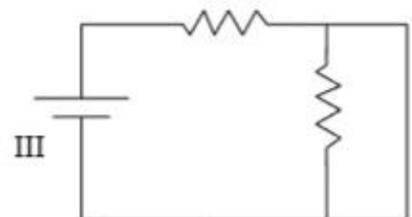
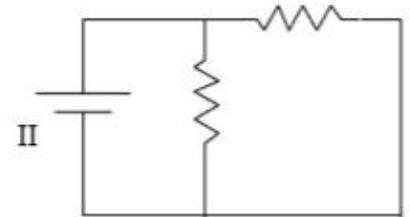
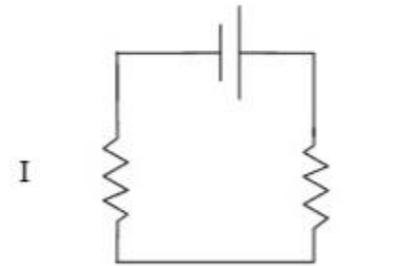
Questions 23-24 refer to the diagram on the right of a circuit with three resistors.



23. Which resistors in the diagram are in series?
- A. I and II
 - B. I and III
 - C. II and III
 - J. None of these resistors are in series.
24. Which resistors in the diagram are in parallel?
- A. I and II
 - B. I and III
 - C. II and III
 - J. None of these resistors are in parallel.

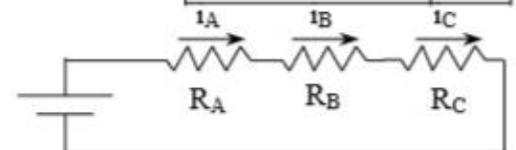
Questions 25-26 refer to the three circuit diagrams I, II and III on the right. All the resistors have different values.

25. In which figure(s) are the two resistors in series?
 A. I
 B. II
 C. III
 D. I and II
 E. I and III
 F. II and III
 G. I, II, and III
 J. None of figures have resistors in series.
26. In which figure(s) are the resistors in parallel?
 A. I
 B. II
 C. III
 D. I and II
 E. I and III
 F. II and III
 G. I, II, and III
 J. None of figures have resistors in parallel.



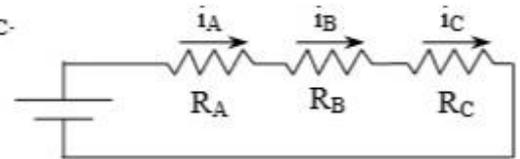
Questions 27-28 refer to the figure on the right in which all three resistors are identical, $R_A = R_B = R_C$.

27. What can you say about the current i_A through R_A ?
 A. $= i_B$, only
 B. $= i_C$, only
 C. $= i_B = i_C$
 D. $= i_B + i_C$
 E. $= i_B - i_C$
 J. None of these is correct.
28. What is the relationship between i_B and i_C ?
 A. $i_B = 1/3 i_C$
 B. $i_B = 1/2 i_C$
 C. $i_B = i_C$
 D. $i_B = 2 i_C$
 E. $i_B = 3 i_C$
 J. None of there is correct.



Briefly explain in the space below how you arrived at your answer to Question 28.

Questions 29-30 refer to the figure on the right in which R_A is identical to R_B and their resistance is half of R_C , $R_A = R_B = 1/2 R_C$.



29. What can you say about the current i_A through R_A ?

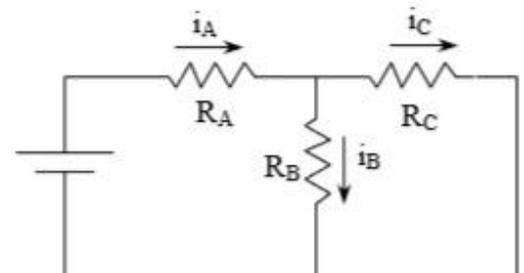
- A. $= i_B$, only
- B. $= i_C$, only
- C. $= i_B = i_C$
- D. $= i_B + i_C$
- E. $= i_B - i_C$
- J. None of these is correct.

30. What is the relationship between i_B and i_C ?

- A. $i_B = 1/3 i_C$
- B. $i_B = 1/2 i_C$
- C. $i_B = i_C$
- D. $i_B = 2 i_C$
- E. $i_B = 3 i_C$
- J. None of these is correct.

Briefly explain in the space below how you arrived at your answer to Question 30.

Questions 31-32 refer to the figure on the right in which all three resistors are identical, $R_A = R_B = R_C$.



31. What can you say about the current i_A through R_A ?

- A. $= i_B$, only
- B. $= i_C$, only
- C. $= i_B = i_C$
- D. $= i_B + i_C$
- E. $= i_B - i_C$
- J. None of these is correct.

32. What is the relationship between i_B and i_C ?

- A. $i_B = 1/3 i_C$
- B. $i_B = 1/2 i_C$
- C. $i_B = i_C$
- D. $i_B = 2 i_C$
- E. $i_B = 3 i_C$
- J. None of these is correct.

Briefly explain in the space below how you arrived at your answer to Question 32.

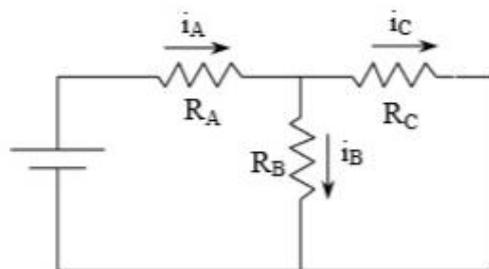
Questions 33-34 refer to the figure on the right in which R_A is identical to R_B and their resistance is half of R_C , $R_A = R_B = 1/2 R_C$

33. What can you say about the current i_A through R_A ?

- A. = i_B , only
- B. = i_C , only
- C. = $i_B = i_C$
- D. = $i_B + i_C$
- E. = $i_B - i_C$
- J. None of these is correct.

34. What is the relationship between i_B and i_C ?

- A. $i_B = 1/3 i_C$
- B. $i_B = 1/2 i_C$
- C. $i_B = i_C$
- D. $i_B = 2 i_C$
- E. $i_B = 3 i_C$
- J. None of these is correct.



Briefly explain in the space below how you arrived at your answer to Question 34.

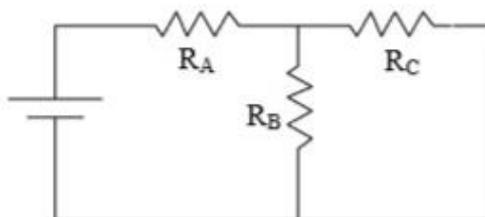
Questions 35-36 refer to the circuit on the right in which R_A , R_B , and R_C all have different values.

35. Which resistors in the diagram have the same magnitude of current running through them?

- A. R_A and R_B
- B. R_A and R_C
- C. R_B and R_C
- D. All of them.
- E. There is not enough information.
- J. None of them.

36. Which resistors in the diagram have the same potential difference across them?

- A. R_A and R_B
- B. R_A and R_C
- C. R_B and R_C
- D. All of them.
- E. There is not enough information.
- J. None of them.



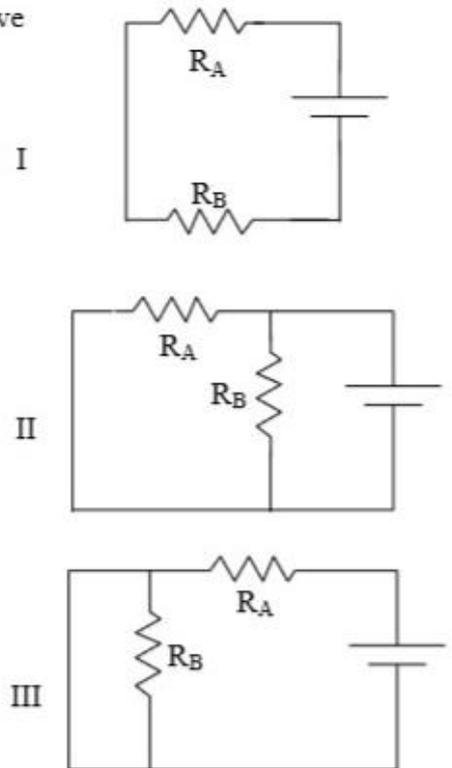
Questions 37-38 refer to the circuits on the right in which R_A and R_B have different values.

37. In which figure(s) do resistors R_A and R_B have the same current through them?

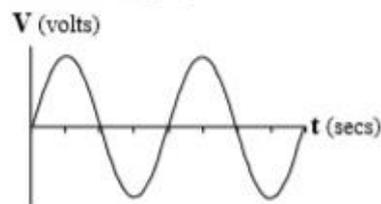
- A. I
- B. II
- C. III
- D. I and II
- E. I and III
- F. II and III
- G. I, II, and III
- J. None of figures have resistors that have the same current through them.

38. In which figure(s) do resistors R_A and R_B have the same potential difference across them?

- A. I
- B. II
- C. III
- D. I and II
- E. I and III
- F. II and III
- G. I, II, and III
- J. None of figures have resistors that have the same potential difference across them.



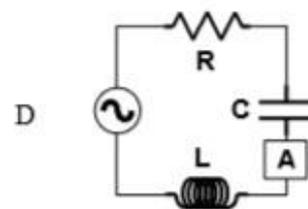
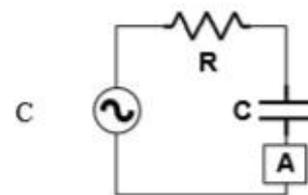
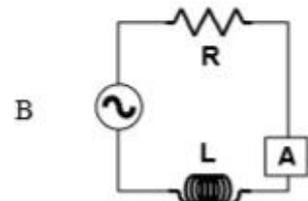
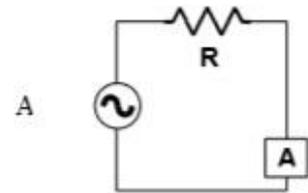
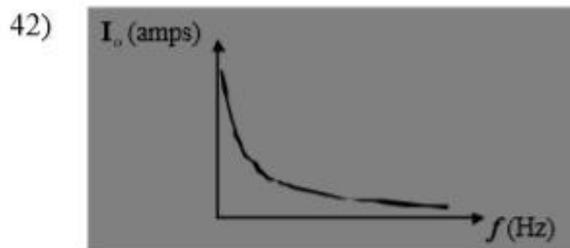
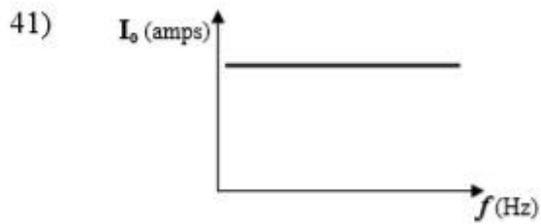
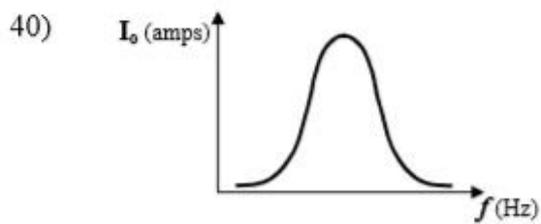
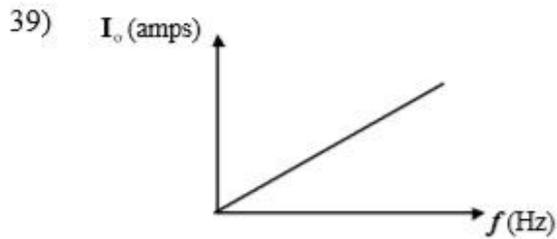
An AC signal generator, Ⓞ , produces a varying (sinusoidal) potential as a function of time indicated in the graph below.



You connect this signal generator into four different circuits and record the maximum current measured by the ammeter, \boxed{A} , as you change the frequency of the signal. (The frequency is the time for one complete cycle.) You then plot maximum current as a function of frequency.

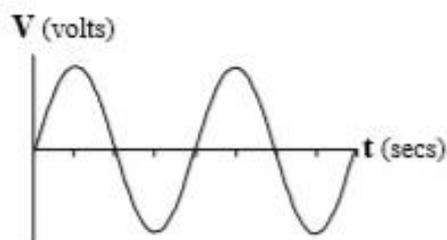
The other circuit elements are: a capacitor (**C**), $\text{---}\text{||}\text{---}$; an inductor (**L**), $\text{---}\text{||}\text{---}$; and a resistor (**R**), $\text{---}\text{/\ \ /}\text{---}$.

For each of the following four graphs choose a circuit, from the selection on the right, that has a current-frequency relationship characterized by that graph.



J None of these

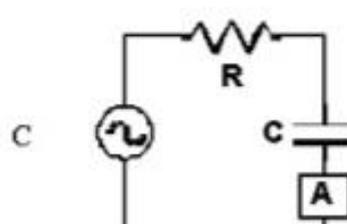
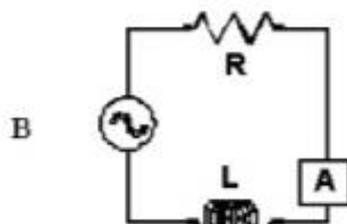
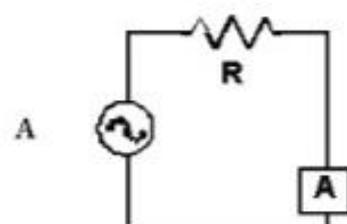
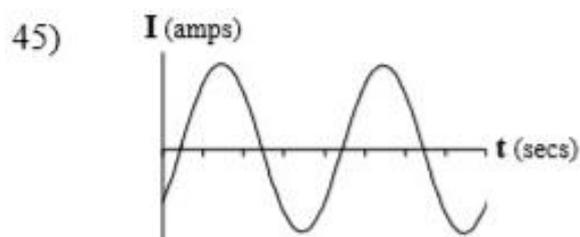
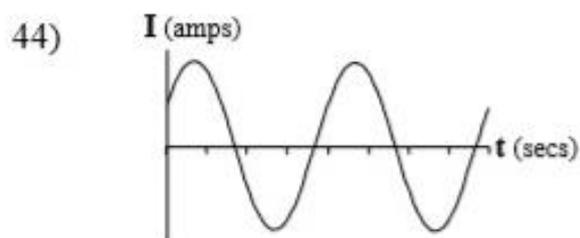
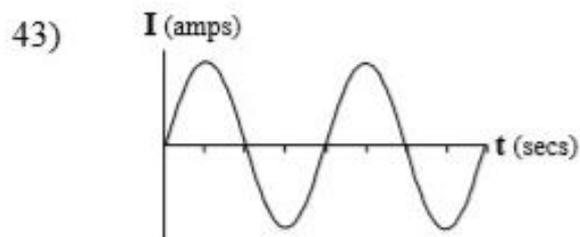
An AC signal generator, Ⓢ , produces a varying (sinusoidal) potential as a function of time indicated in the graph below.



You connect this signal generator into three different circuits and plot the current measured by the ammeter, ⓐ , as a function of time.

The other circuit elements are: a capacitor (ⓐ), ⓐ ; an inductor (ⓐ), ⓐ ; and a resistor (ⓐ), ⓐ .

For each of following three graphs choose a circuit, from the selection on the right, that has a current-time relationship characterized by that graph.



J. None of these

ANEXO II. Test ECCE abreviado (Electric Circuits Concept Evaluation)



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

Unidad Legaria



Test sobre circuitos eléctricos

Nombre del alumno: _____

Fecha: _____ Grupo: _____ Edad: _____

Lea detenidamente las preguntas y responda colocando una X en el paréntesis, señalando la respuesta que considere la correcta.

1. ¿Qué es un circuito eléctrico?

- 1 () Un flujo de electrones.
- 2 () Un sistema de electricidad.
- 3 () Una fuente de energía.
- 4 () Una representación gráfica del recorrido de la electricidad.
- 5 () Un esquema de capacitores e inductores.

2. Unidades de medición

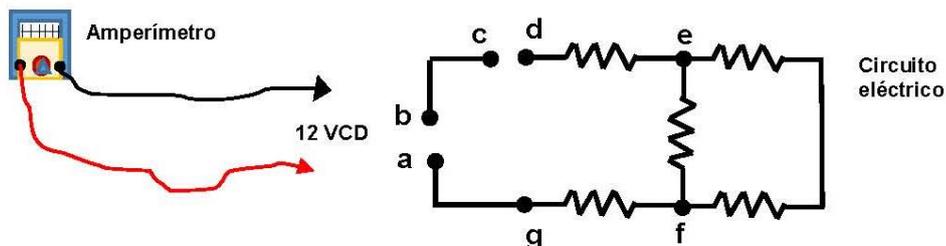
¿Cuál es el instrumento de medida para conocer la intensidad de corriente (I), en un circuito eléctrico?

INSTRUMENTOS

- 1 () Voltímetro.
- 2 () Óhmetro.
- 3 () Amperímetro.
- 4 () Watthorímetro.
- 5 () Frecuencímetro.

3. Instrumento de medición

¿Cuál son los puntos donde se conectaría un amperímetro para conocer la intensidad de corriente del circuito?



1. () Entre los puntos a y b
2. () En los puntos a y f
3. () Entre los puntos b y e
4. () Entre los puntos c y d
5. () Entre los puntos g y e

4. ¿Cuál de las siguientes figuras representa una adecuada conexión entre el foco y la batería?, para que el foco encienda.

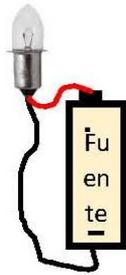


Fig. 1()

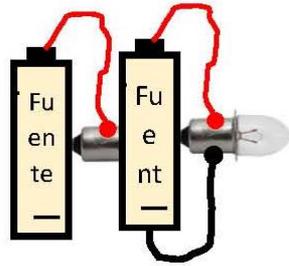


Fig. 2()

Fig. 3()

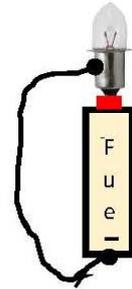


Fig. 4()



Fig. 5()

5. Una resistencia eléctrica, conectada a un circuito eléctrico, produce:

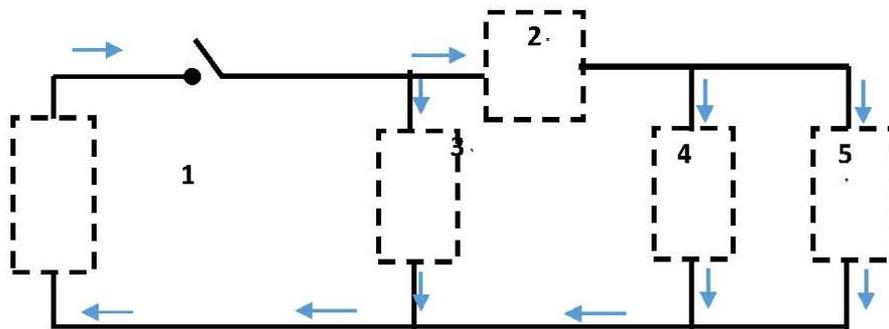
1. () Resonancia.
2. () Caída de voltaje.
3. () Aumenta el voltaje.
4. () Regula el voltaje.
5. () Elimina el voltaje.



6. Los circuitos eléctricos integrados por resistencias, se pueden conectar de las siguientes formas:

1. () Axial y radial.
2. () Transversal y longitudinal.
3. () Diagonal y lineal.
4. () Serie y paralelo
5. () Arriba y abajo

7. En el siguiente circuito eléctrico, ¿en qué cuadro punteado, deberá estar correctamente conectada en serie la resistencia eléctrica?

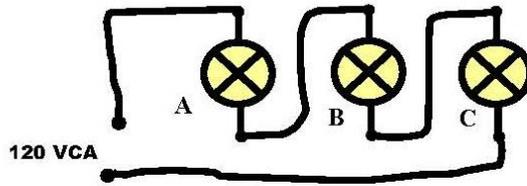


1. () En el cuadro 1
2. () En el cuadro 2
3. () En el cuadro 3
4. () En el cuadro 4
5. () En el cuadro 5

Componentes básicos de un circuito eléctrico

8. El siguiente diagrama muestra a 3 focos conectados en serie, si se desconecta el foco B, que sucederá con los demás focos.

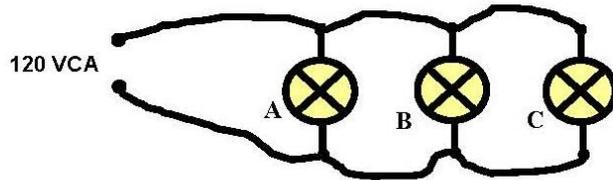
- 1 () Se apaga A.
- 2 () Se apaga C.
- 3 () Se apagan A y C.
- 4 () Sigue encendido A.
- 5 () Sigue encendido C.



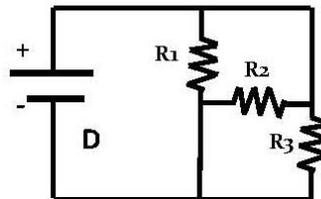
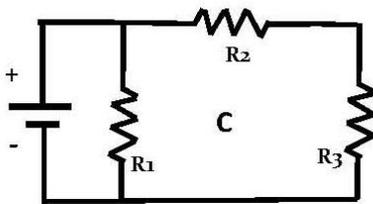
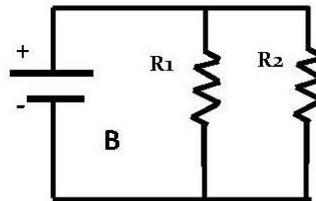
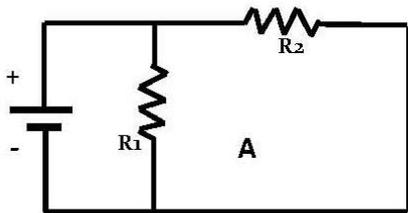
Simbología del Foco

9. El siguiente diagrama muestra a 3 focos conectados en paralelo, si se desconecta el foco B, que sucederá con los demás focos.

- 1. () Se apaga A.
- 2. () Se apaga C.
- 3. () Se apagan A y C
- 4. () Sigue encendido A y C
- 5. () Sigue encendido solo C



Observe los siguientes circuitos y responde las preguntas 10 y 11.



Resistencia eléctrica



Simbología de una Resistencia eléctrica



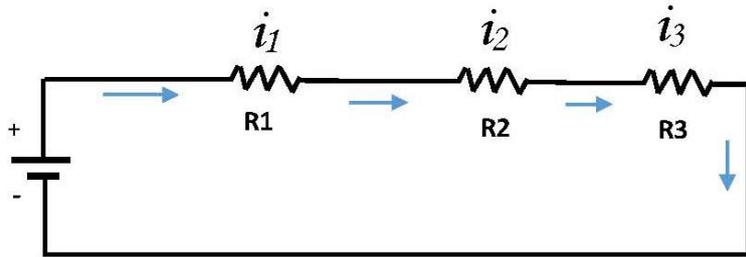
10. ¿Cuál circuito representa un arreglo de dos resistencias conectadas en paralelo?

- 1 () A 2 () B 3 () C 4 () D 5 () A y D

11. ¿Cuál circuito representa un arreglo de dos cargas conectadas en serie?

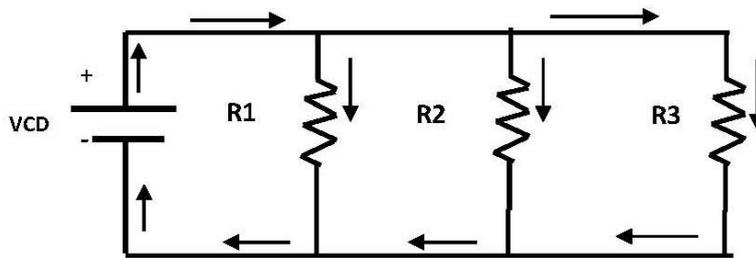
- 1 () A 2 () B 3 () C 4 () D 5 () C y B

12. El siguiente circuito muestra tres resistencias de la misma capacidad en Ohm
 ¿Cuál será el valor de intensidad corriente (i), que pasa a través de la resistencia R_2 ?



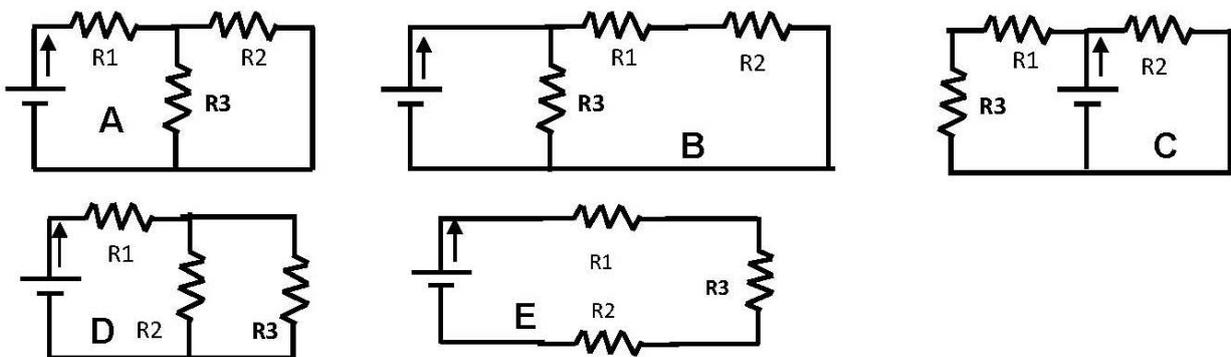
1. () diferentes a R_1
2. () diferente a R_3
3. () igual a R_1 diferente a R_3
4. () igual a R_3 diferente a R_1
5. () igual que R_1 y R_3

13. El siguiente circuito muestra tres resistencias de la misma capacidad en Ohm
 ¿Cuál será el valor del voltaje de corriente directa (VCD), que pasa a través de la resistencia R_2 ?



1. () diferentes a R_1
2. () diferente a R_3
3. () igual a R_1 diferente a R_3
4. () igual a R_3 diferente a R_1
5. () igual que R_1 y R_3

14. De los siguientes circuitos, ¿cuál de ellos, la resistencia R_3 , tiene el mismo voltaje suministrado por la batería?



15. La ley de Ohm, dice que "*la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo*". ¿Cuál de las siguientes expresiones matemáticas representa a la Ley de Ohm?

1. () $F = m a$

2. () $T = F d$

3. () $E = F/q$

4. () $I = V/R$

5. () $W = VI$

ANEXO III. Programa de estudios de la asignatura Física III


Instituto Politécnico Nacional
La Formación Técnica de la Futura
Secretaría Académica
Dirección de Educación Media Superior


PROGRAMA DE ESTUDIOS DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE: FÍSICA III	
<p>CLAVE: SEC-FM049 CRÉDITOS: 5.62</p> <p>RAMA DEL CONOCIMIENTO: * Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas <input checked="" type="checkbox"/> * Ciencias Sociales y Administrativas <input type="checkbox"/> * Ciencias Médico Biológicas <input type="checkbox"/></p> <p>ÁREA DE FORMACIÓN CURRICULAR: Institucional <input type="checkbox"/> Científica, Humanística y Tecnológica Básica <input checked="" type="checkbox"/> Profesional <input type="checkbox"/></p> <p>TIPO DE ESPACIO: Aula <input checked="" type="checkbox"/> Taller <input type="checkbox"/> Laboratorio <input checked="" type="checkbox"/> Otros ambientes de aprendizaje <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>MODALIDAD: Escolar <input checked="" type="checkbox"/> No escolarizada <input type="checkbox"/> Mixta <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>VIGENCIA A PARTIR DE: AGOSTO DE 2010</p>	<p>CARRERA: TODAS LAS DE LA RAMA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS</p> <p>NIVEL: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/></p> <p>SEMESTRE: QUINTO</p> <p>UNIDADES ACADÉMICAS DONDE SE IMPARTE: Todas: CECyT: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input checked="" type="checkbox"/> 8 <input checked="" type="checkbox"/> 9 <input checked="" type="checkbox"/> 10 <input checked="" type="checkbox"/> 11 <input checked="" type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> CCT: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>TIEMPOS ASIGNADOS: GLOBAL: 90 HRS/18 SEMANAS / SEMESTRE</p> <p>AULA: 2 HRS / SEMANA TOTAL: 36 HRS / SEMESTRE TALLER: - HRS / SEMANA TOTAL: - HRS / SEMESTRE LABORATORIO: 2 HRS / SEMANA TOTAL: 36 HRS / SEMESTRE</p> <p>OTROS AMBIENTES DE APRENDIZAJE: 1 HRS / SEMANA TOTAL: 18 HRS / SEMESTRE</p> <p>ORGANIZACIÓN: Por unidad de aprendizaje <input checked="" type="checkbox"/> Por área <input type="checkbox"/> Por módulo <input type="checkbox"/></p>
<p style="text-align: center; font-size: x-small;">PROCESO DE DISEÑO Y AUTORIZACIÓN</p> <p>ELABORADO POR: REPACAD.NINELRN FECHA DE ELABORACIÓN: 07 - 08 - 09</p> <p>REVISADO POR: DEMS FECHA DE REVISIÓN: 24 - 08 - 09</p> <p>APROBADO POR: CIDE-NINEL FECHA DE APROBACIÓN: 07 - 09 - 09</p> <p>AUTORIZADO POR: CPA-DSC FECHA DE AUTORIZACIÓN: 09 - 09 - 09</p>	
<p>FIRMA Y SELLO DE AUTORIZACIÓN</p> 	

Modelo Educativo Centrado en el Aprendizaje con Enfoque por Competencias
 Plan 2008

MINISTERIO DE EDUCACIÓN PÚBLICA
 INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
 MEXICO, D.F.

PROGRAMA SINTÉTICO		
Competencia general de la unidad de aprendizaje: Física III Verifica las leyes y principios de la electricidad estableciendo experimentos con una interrelación entre su entorno natural, científico tecnológico.		
COMPETENCIA PARTICULAR DE CADA UNIDAD DIDACTICA.	RAP	CONTENIDOS
Unidad I I. Aplica los fundamentos de la electrostática en la solución de problemas en situaciones académicas y en su entorno social.	RAP: 1 1. Explica la electrización a nivel atómico basándose en los métodos correspondientes, en situaciones académicas y en su entorno social.	CONCEPTUAL Importancia de la electrostática y su relación con el medio que nos rodea. Antecedentes históricos de la electricidad y de los modelos atómicos: Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr. Tipos de cargas eléctricas. Cuerpos eléctricamente neutros Ley de la interacción de la carga eléctrica. Principio de conservación y Cuantización de la carga eléctrica. Electrización.

		<p>Conductores, semiconductores, superconductores y aislantes</p> <p>PROCEDIMENTAL</p> <p>PRÁCTICA 1</p> <p>INDUCCIÓN AL LABORATORIO.</p> <p>PRÁCTICA 2</p> <p>MÉTODOS DE ELECTRIZACIÓN.</p> <p>PRÁCTICA 3</p> <p>CONDUCTORES Y AISLANTES.</p> <p>PRÁCTICA 4</p> <p>GENERADORES ELECTROSTÁTICOS</p> <p>ACTITUDINAL</p> <p>Se expresa y comunica.</p> <p>Aprende en forma autónoma.</p> <p>Piensa crítica y reflexivamente.</p>
	<p>RAP: 2</p> <p>2. Aplica los principios y leyes de la electrostática en la solución de problemas en situaciones académicas, tecnológicas y en su entorno social.</p>	<p>CONCEPTUAL</p> <p>Concepto de carga puntual.</p> <p>Concepto de campo eléctrico y carga de prueba.</p> <p>Definición y características de las líneas de campo o de fuerza eléctrica.</p> <p>CONCEPTUAL / PROCEDIMENTAL</p> <p>Enunciado, experimento y modelo matemático de la ley de Coulomb</p> <p>PRÁCTICA 5</p> <p>LEY DE COULOMB</p> <p>Intensidad de campo eléctrico, análisis vectorial, su modelo matemático y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 6</p> <p>CAMPO ELÉCTRICO</p> <p>Flujo eléctrico, vector normal de superficie, superficie gaussiana, densidad lineal, superficial y volumétrica de carga.</p> <p>Ley de Gauss, su modelo matemático y aplicaciones.</p>

		<p>Energía potencial eléctrica, diferencia de potencial, potencial eléctrico y gradiente de potencial; sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 7</p> <p>SUPERFICIE EQUIPOTENCIAL</p> <p>Capacitancia.</p> <p>El capacitor y su geometría.</p> <p>PRÁCTICA 8</p> <p>CAPACITANCIA</p> <p>Capacitancia con diferentes dieléctricos y su análisis, energía almacenada en un capacitor, agrupamiento de capacitores, sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 9</p> <p>AGRUPAMIENTO DE CAPACITORES.</p> <p>ACTITUDINAL</p> <p>Se expresa y comunica.</p> <p>Aprende de forma autónoma.</p> <p>Piensa crítica y reflexivamente.</p>
<p>UNIDAD II</p> <p>II. APLICA LOS FUNDAMENTOS DE LA ELECTRODINÁMICA EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN SITUACIONES ACADÉMICAS Y EN SU ENTORNO SOCIAL.</p>	<p>RAP: 1</p> <p>1. Explica la electrodinámica en función del movimiento de cargas en situaciones académicas.</p>	<p>CONCEPTUAL</p> <p>Concepto de electrodinámica.</p> <p>CONCEPTUAL/ PROCEDIMENTAL</p> <p>Intensidad de corriente eléctrica, corriente eléctrica en función de la velocidad de arrastre y densidad de corriente eléctrica; sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 10</p> <p>EFFECTOS DE LA CORRIENTE CONTÍNUA</p> <p>Resistencia eléctrica, resistividad, conductividad, y conductancia eléctrica.</p> <p>La resistencia en función de las dimensiones y naturaleza del conductor.</p> <p>PRÁCTICA 11</p> <p>RESISTENCIA Y RESISTIVIDAD ELÉCTRICA</p>

		<p>Variación de la resistencia en función de la temperatura del conductor, sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 12</p> <p>INSTUMENTOS DE MEDICIÓN</p> <p>ACTITUDINAL</p> <p>Se expresa y comunica.</p> <p>Trabaja en forma colaborativa.</p> <p>Piensa crítica y reflexivamente.</p>
	<p>RAP:2</p> <p>2. Aplica los principios y leyes de la electrodinámica en la solución de problemas en situaciones académicas, tecnológicas y en su entorno social.</p>	<p>CONCEPTUAL/PROCEDIMENTAL</p> <p>Ley de Ohm, circuito eléctrico, sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 13</p> <p>LEY DE OHM</p> <p>Energía, potencia eléctrica, ley de Joule y el equivalente mecánico del calor, sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>Rendimiento o eficiencia eléctrica, su modelo matemático, aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 14</p> <p>LEY DE JOULE</p> <p>Agrupamiento de resistores.</p> <p>Tipos de agrupamientos y características, sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 15</p> <p>AGRUPAMIENTO DE RESISTORES</p> <p>Leyes de Kirchhoff, conceptos de nodo, malla y red, sus modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>PRÁCTICA 16</p> <p>LEYES DE KIRCHHOFF</p> <p>PRÁCTICA 17</p> <p>PUENTE DE WHEATSTONE</p> <p>ACTITUDINAL</p> <p>Se expresa y comunica.</p>

		<p>Trabaja en forma colaborativa.</p> <p>Piensa crítica y reflexivamente.</p>
<p>UNIDAD III</p> <p>III. Transforma la energía química en energía eléctrica en la solución de problemas en situaciones académicas y en su entorno social.</p>	<p>RAP: 1</p> <p>1. Explica la transformación de energía química a energía eléctrica en situaciones académicas.</p>	<p>CONCEPTUAL/ PROCEDIMENTAL</p> <p>Celdas electroquímicas, descripción general de una celda electroquímica elemental: electrolito, electrodos, despolarizado y recipiente.</p> <p>Funcionamiento elemental de una celda electroquímica.</p> <p>Celdas electroquímicas primarias: pila de Volta, Daniell, seca alcalina, mercurio, plata y litio.</p> <p>Celdas electroquímicas, secundarias: celda secundaria acido-plomo y pila seca de níquel-cadmio.</p> <p>PRÁCTICA NO. 18</p> <p>CELAS ELECTROQUÍMICAS</p> <p>ACTITUDINAL</p> <p>Se expresa y comunica</p> <p>Trabaja en forma colaborativa.</p> <p>Piensa y crítica reflexivamente.</p>
	<p>RAP: 2</p> <p>2. Aplica los principios y leyes de la electroquímica en la solución de problemas en situaciones académicas, tecnológicas y en su entorno social.</p>	<p>PROCEDIMENTAL</p> <p>Agrupamiento de pilas eléctricas (batería).</p> <p>Agrupamiento serie.</p> <p>Agrupamiento paralelo.</p> <p>Modelos matemáticos y aplicaciones.</p> <p>ACTITUDINAL</p> <p>Se expresa y comunica.</p> <p>Piensa crítica y reflexivamente.</p> <p>Trabaja en forma colaborativa.</p>

ANEXO IV. Ejemplo de una Clase Demostrativa Interactiva con Simulaciones PhET

Entregar esta hoja

Nombre: _____

CLASE DEMOSTRATIVA INTERACTIVA HOJA DE PREDICCIÓN --- **CIRCUITOS EN SERIE Y PARALELO**

Instrucciones: Esta hoja será recogida. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Siga las instrucciones de su instructor. Puede escribir lo que desee en la hoja adjunta y llevársela.

Demostración 1: En el circuito de arriba a la derecha, se conecta un foco a una batería perfecta (sin resistencia interna). En el circuito inferior, se añade el Foco B (el cual es idéntico al Foco A) en serie con el Foco A, como se muestra.

Compare la brillantez del Foco A en el circuito de abajo, con la brillantez del Foco A en el circuito de arriba.

En el circuito de abajo, compare la brillantez del Foco A con la brillantez del Foco B.

Demostración 2: Compare la corriente en los puntos 1, 2 y 3 en el circuito de abajo.

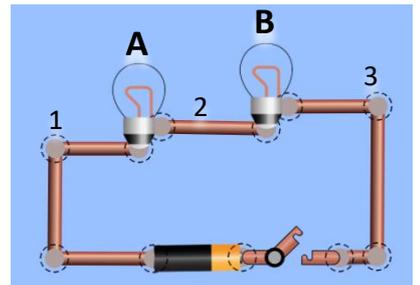
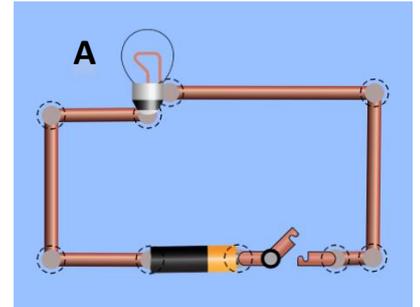
Compare la corriente a través del Foco A en el circuito de arriba con la corriente a través del Foco A en el circuito de abajo.

Compare la corriente a través de la batería en el circuito de arriba con la corriente a través de la batería en el circuito de abajo.

Demostración 3: Compare la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A en el circuito de arriba con la diferencia de potencial a través del Foco A en el circuito de abajo.

En el circuito de abajo, compare la diferencia de potencial a través del Foco A con la diferencia de potencial a través del Foco B.

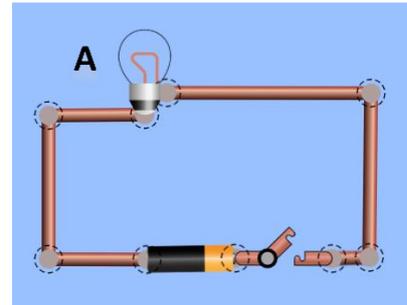
En el circuito de abajo, compare la diferencia de potencial a través del Foco A con la diferencia de potencial a través de la batería.



Demostración 4: En el circuito de arriba a la derecha, el Foco A se conecta a una batería perfecta (sin resistencia interna). En el circuito de abajo, el Foco B que es idéntico al Foco A se añade como se muestra.

Con el suich abierto, compare la brillantez del Foco A en el circuito de arriba, con la brillantez del Foco A en el circuito de abajo.

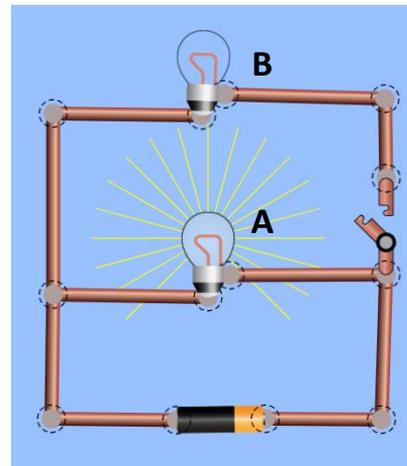
Con el suich cerrado, compare la brillantez del Foco A del circuito de arriba con la brillantez del Foco B en el circuito de abajo.



Demostración 5: En el circuito de abajo: Con el suich cerrado, compare la corriente a través del Foco B con la corriente a través del Foco A.

Compare la corriente a través de la batería con el suich cerrado con la corriente a través de la batería con el suich abierto.

Con el suich cerrado, compare la corriente a través de la batería con la corriente a través del Foco B.



Demostración 6: En el circuito de abajo: Con el suich cerrado, compare la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A con la diferencia de potencial a través del Foco B.

Con el suich cerrado, compare diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco B con la diferencia de potencial a través de la batería.

ANEXO V. Programas en R para el análisis de Rasch

5.1 Código en R para calcular los parámetros de habilidad

```
load("ltn-Cesar.RData")
load("ltn-Cesar2.RData")
ls()
y11$coefficients
str(y11$coefficients)

Sys.setlocale("LC_ALL", "ES_ES")
options(encoding="UTF-8")
sessionInfo()

load("ltn-Cesar.RData")
y11
summary(y11)
mode(y11)
ac11 <- y11$coefficients
mode(ac11)
colnames(ac11)
ac11[, "beta.i"]
bc11 <- stack(ac11[, "beta.i"])
as.character(bc11$ind)
bc11$values
cc11 <- data.frame(bc11$ind, bc11$values)
colnames(cc11) <- c("Pregunta", "Dificultad")
cc11
row.names(cc11)

dific <- function(x) {
  y <- x$Dificultad
  z <- as.numeric(as.character(y))
  v <- NULL
```

```

for (i in 1:length(z)) {
  if ( z[i] < -2.625 ) v<-c(v,"Muy fácil")
  else {
    if ( z[i] < -1.5 ) v<-c(v,"Fácil")
    else {
      if( z[i] < 1.5 ) v<-c(v,"Dificultad media")
      else {
        if ( z[i] < 2.625 ) v<-c(v,"Difícil")
        else {
          v<-c(v,"Muy difícil")
        }
      }
    }
  }
}
return (v)
}

dific(cc11)

dc11 <- data.frame(cc11, dific(cc11))
colnames(dc11) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc11

ac12 <- y12$coefficients
bc12 <- stack(ac12[, "beta.i"])

cc12 <- data.frame(bc12$ind, bc12$values)
colnames(cc12) <- c("Pregunta", "Dificultad")

dc12 <- data.frame(cc12, dific(cc12))
colnames(dc12) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc12

```

```

load("Itm-Cesar2.RData")

ac21 <- y21$coefficients
bc21 <- stack(ac21["beta.i"])

cc21 <- data.frame(bc21$ind,bc21$values)
colnames(cc21)<-c("Pregunta", "Dificultad")

dc21 <- data.frame(cc21, dific(cc21))
colnames(dc21) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc21

ac22 <- y22$coefficients
bc22 <- stack(ac22["beta.i"])

cc22 <- data.frame(bc22$ind,bc22$values)
colnames(cc22)<-c("Pregunta", "Dificultad")

dc22 <- data.frame(cc22, dific(cc22))
colnames(dc22) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc22

save(dc11, dc12, dc21, dc22, file="Dificultad.RData")

load("Dificultad.RData")
ls()

write.table(dc11, file="Dificultad del grupo 5IM13 en su pre-test.csv",
            quote=FALSE, sep="," , row.names=FALSE)

write.table(dc12, file="Dificultad del grupo 5IM13 en su post-test.csv",
            quote=FALSE, sep="," , row.names=FALSE)

write.table(dc21, file="Dificultad del grupo 5IM18 en su pre-test.csv",

```

```
quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)
```

```
write.table(dc22, file="Dificultad del grupo 5IM18 en su post-test.csv",  
quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)
```

5.2 Código en R para calcular la frecuencia de la habilidad

```
load("eRm-Cesar.RData")
```

```
load("eRm-Cesar2.RData")
```

```
we11
```

```
ve11 <- we11[order(we11)]
```

```
ue11 <- table(ve11)
```

```
ue11
```

```
te11 <- data.frame(ue11)
```

```
names(te11)<-c("Habilidad", "Frecuencia")
```

```
write.table(te11, file="Grupo 5IM13 en su pre-test.csv", quote=FALSE, sep=",",  
row.names=FALSE)
```

```
write.table(te11, file="ue11.csv", quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)
```

```
write.table(te11, quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)
```

```
we12
```

```
ve12 <- we12[sort.list(we12)]
```

```
ve12
```

```
ue12 <- table(ve12)
```

```
te12 <- data.frame(ue12)
```

```
te12
```

```
names(te12)<-c("Habilidad", "Frecuencia")
```

```
te12
```

```
write.table(te12, file="Grupo 5IM13 en su post-test.csv", quote=FALSE, sep=",",  
row.names=FALSE)
```

```
write.table(te12, file="ue12.csv", quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)
```

```
write.table(te12, quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)
```

```

we21
ve21 <- we21[sort.list(we21)]
ue21 <- table(ve21)
ue21
te21 <- data.frame(ue21)
te21
nombres <- c("Habilidad", "Frecuencia")
nombres
names(te21)<-nombres
te21

write.table(te21, file="Grupo 5IM18 en su pre-test.csv", quote=FALSE, sep="," ,
row.names=FALSE)
write.table(te21, file="ue21.csv", quote=FALSE, sep="," , row.names=FALSE)
write.table(te21, quote=FALSE, sep="," , row.names=FALSE)
we22
ve22 <- we22[sort.list(we22)]
ue22 <- table(ve22)
ue22
te22 <- data.frame(ue22)
te22
names(te22)<-nombres
te22

write.table(te22, file="Grupo 5IM18 en su post-test.csv", quote=FALSE, sep="," ,
row.names=FALSE)
write.table(te22, file="ue22.csv", quote=FALSE, sep="," , row.names=FALSE)
write.table(te22, quote=FALSE, sep="," , row.names=FALSE)
save(we11, ve11, ue11, te11, we12, ve12, ue12, te12,
    we21, ve21, ue21, te21, we22, ve22, ue22, te22,
    file="Habilidad.RData")

```

5.3 Código en R para calcular la dificultad

```
Sys.setlocale("LC_ALL", "ES_ES")
options(encoding="UTF-8")
sessionInfo()

load("ltm-Cesar.RData")
y11
summary(y11)
mode(y11)
ac11 <- y11$coefficients
mode(ac11)
colnames(ac11)
ac11[, "beta.i"]
bc11 <- stack(ac11[, "beta.i"])
as.character(bc11$ind)
bc11$values
cc11 <- data.frame(bc11$ind, bc11$values)
colnames(cc11) <- c("Pregunta", "Dificultad")
cc11
row.names(cc11)

dific <- function(x) {
  y <- x$Dificultad
  z <- as.numeric(as.character(y))
  v <- NULL
  for (i in 1:length(z)) {
    if ( z[i] < -2.625 ) v <- c(v, "Muy fácil")
    else {
      if ( z[i] < -1.5 ) v <- c(v, "Fácil")
      else {
        if ( z[i] < 1.5 ) v <- c(v, "Dificultad media")
        else {
          if ( z[i] < 2.625 ) v <- c(v, "Difícil")
          else {
```

```

        v<-c(v,"Muy difcil")
    }
}
}
}
}
return (v)
}

```

```
dific(cc11)
```

```

dc11 <- data.frame(cc11, dific(cc11))
colnames(dc11) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc11

```

```

ac12 <- y12$coefficients
bc12 <- stack(ac12["beta.i"])

```

```

cc12 <- data.frame(bc12$ind,bc12$values)
colnames(cc12)<-c("Pregunta", "Dificultad")

```

```

dc12 <- data.frame(cc12, dific(cc12))
colnames(dc12) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc12

```

```
load("ltm-Cesar2.RData")
```

```

ac21 <- y21$coefficients
bc21 <- stack(ac21["beta.i"])

```

```

cc21 <- data.frame(bc21$ind,bc21$values)
colnames(cc21)<-c("Pregunta", "Dificultad")

```

```
dc21 <- data.frame(cc21, dific(cc21))
```

```

colnames(dc21) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc21

ac22 <- y22$coefficients
bc22 <- stack(ac22[, "beta.i"])

cc22 <- data.frame(bc22$ind, bc22$values)
colnames(cc22) <- c("Pregunta", "Dificultad")

dc22 <- data.frame(cc22, difc(cc22))
colnames(dc22) <- c("Pregunta", "Dificultad", "Criterio")
dc22

save(dc11, dc12, dc21, dc22, file="Dificultad.RData")

load("Dificultad.RData")
ls()

write.table(dc11, file="Dificultad del grupo 5IM13 en su pre-test.csv",
            quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)

write.table(dc12, file="Dificultad del grupo 5IM13 en su post-test.csv",
            quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)

write.table(dc21, file="Dificultad del grupo 5IM18 en su pre-test.csv",
            quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)

write.table(dc22, file="Dificultad del grupo 5IM18 en su post-test.csv",
            quote=FALSE, sep=",", row.names=FALSE)

```

5.4 Código en R para generar las gráficas de barras de habilidad

```
load("eRm-Cesar2.RData")
Sys.setlocale("LC_ALL", "ES_ES")
options(encoding="UTF-8")
sessionInfo()

leyenda <- c("pre-test", "post-test")
jpeg("barras-Gpo5IM18-2.jpg")
barplot(rbind(we21, we22), beside=TRUE, names.arg=seq(1, 23),
legend.text=leyenda, xlim=c(-4.0, 4.0),
xlab="Parámetros de habilidad", ylab="Estudiantes",
main="Niveles de habilidad en el pre-test y post-test\n para el grupo 5IM18",
horiz=TRUE, col=c("gray", "black"))
dev.off()

jpeg("barras-Gpo5IM18.jpg")
barplot(rbind(we21, we22), beside=TRUE, names.arg=seq(1, 23),
legend.text=leyenda, xlim=c(-4.0, 4.0),
xlab="Parámetros de habilidad", ylab="Estudiantes",
main="Niveles de habilidad en el pre-test y post-test\n para el grupo 5IM18",
horiz=TRUE, col=c("#69b3a2", "#404080"))
dev.off()

jpeg("Barras-Gpo5IM18-pre-test-2.jpg")
hist(we21, col="black",
      breaks=c(-3.5,-3.0,-2.5,-2.0,-1.5,-1.0,-0.5,0.0,0.5,1.0,1.5,2.0),
      main="Parámetros de habilidad para el grupo 5IM18\n (pre-test)",
      ylab="Frecuencias", xlab="Valores")
dev.off()

jpeg("Barras-Gpo5IM18-post-test-2.jpg")
hist(we22, col="gray",
      main="Parámetros de habilidad para el grupo 5IM18\n (post-test)",
      ylab="Frecuencias", xlab="Valores")
dev.off()
```

5.5 Código en R para generar las gráficas de las Curvas Características del Ítem

```
sessionInfo()
```

```
Sys.setlocale("LC_ALL", "ES_ES")
```

```
options(encoding="UTF-8")
```

```
library(eRm)
```

```
load("eRm-Cesar.RData")
```

```
my.icc.pre.1 <- function(x){
```

```
  cadena<-"ICC-P1-pre-test-Gpo5IM13.png"
```

```
  substr(cadena,6,6)<-as.character(x)
```

```
  png(cadena)
```

```
  cadena2<-"Curva característica al ítem P1 \n para el grupo 5IM13 en el pre-test"
```

```
  substr(cadena2,31,31)<-as.character(x)
```

```
  cadena3<-"P1"
```

```
  substr(cadena3,2,2)<-as.character(x)
```

```
  plotICC(ye11, item.subset=cadena3,
```

```
    main=cadena2,
```

```
    xlab="Habilidad", ylab="Probabilidad para resolver")
```

```
  dev.off()
```

```
}
```

```
my.icc.pre.2<- function(x){
```

```
  cadena<-"ICC-P10-pre-test-Gpo5IM13.png"
```

```
  substr(cadena,6,7)<-as.character(x)
```

```
  png(cadena)
```

```
  cadena2<-"Curva característica al ítem P10 \n para el grupo 5IM13 en el pre-test"
```

```
  substr(cadena2,31,32)<-as.character(x)
```

```
  cadena3<-"P10"
```

```
  substr(cadena3,2,3)<-as.character(x)
```

```
  plotICC(ye11, item.subset=cadena3,
```

```
    main=cadena2,
```

```
    xlab="Habilidad", ylab="Probabilidad para resolver")
```

```
  dev.off()
```

```

}
for(i in 1:9) { my.icc.pre.1(i) }
for(i in 10:15) { my.icc.pre.2(i) }

my.icc.post.1 <- function(x){
  cadena<-"ICC-P1-post-test-Gpo5IM13.png"
  substr(cadena,6,6)<-as.character(x)
  png(cadena)
  cadena2<-"Curva característica al ítem P1 \n para el grupo 5IM13 en el post-test"
  substr(cadena2,31,31)<-as.character(x)
  cadena3<-"P1"
  substr(cadena3,2,2)<-as.character(x)
  plotICC(ye12, item.subset=cadena3,
    main=cadena2,
    xlab="Habilidad", ylab="Probabilidad para resolver")
  dev.off()
}

my.icc.post.2<- function(x){
  cadena<-"ICC-P10-post-test-Gpo5IM13.png"
  substr(cadena,6,7)<-as.character(x)
  png(cadena)
  cadena2<-"Curva característica al ítem P10 \n para el grupo 5IM13 en el post-test"
  substr(cadena2,31,32)<-as.character(x)
  cadena3<-"P10"
  substr(cadena3,2,3)<-as.character(x)
  plotICC(ye12, item.subset=cadena3,
    main=cadena2,
    xlab="Habilidad", ylab="Probabilidad para resolver")
  dev.off()
}

for(i in 1:9) { my.icc.post.1(i) }

for(i in 10:15) { my.icc.post.2(i) }

```