

Universidad de Costa Rica
Facultad de Educación
Escuela de Formación Docente



**Diseño de propuesta didáctica experimental en la Enseñanza de la Física
aplicada al tema de Electricidad para estudiantes de Undécimo año del
Colegio Científico Costarricense de San Ramón**

**Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en
Enseñanza de la Física**

Eduardo Alonso Arias Navarro

Sede Rodrigo Facio Brenes

San José, 2020

TRIBUNAL EXAMINADOR

Trabajo Final de Graduación presentado el día 16 de diciembre de 2020, vía virtual en representación hacia la Facultad de Educación de la Universidad de Costa Rica, para optar por el grado académico de Licenciatura en la Enseñanza de la Física, ante el siguiente tribunal examinador.

Dra. Marianela Navarro Camacho

Directora de la Carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales
Presidenta del Tribunal

Ing. Randall Figueroa Mata, M.B.A

Profesor de la Escuela de Física, UCR
Director

M.Sc. Fernando Ureña Elizondo

Profesor de la Escuela de Física, UCR y Coordinador de la cátedra de Física, UNED
Lector

Dr. Carlos Alberto Arguedas Matarrita

Profesor e Investigador de la cátedra de Física, UNED
Lector

Dr. Diego Armando Retana Alvarado

Profesor e Investigador de la Escuela de Formación Docente, UCR
Lector externo

DECLARACIÓN JURADA

Yo Eduardo Alonso Arias Navarro, estudiante de la Escuela de Formación Docente de la Universidad de Costa Rica declaro bajo fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy el autor intelectual del Trabajo Final de Graduación titulado Diseño de propuesta didáctica experimental en la Enseñanza de la Física aplicada al tema de Electricidad para estudiantes de Undécimo año del Colegio Científico Costarricense de San Ramón

San Ramón, a los 16 días del mes de diciembre del 2020.

Eduardo Alonso Arias Navarro

Carné: A80624

Cédula: 113980231

DEDICATORIA

*A **Dios** por su infinita gracia*

Mi esposa que siempre estuvo a mi lado

A mis padres por lo que representan en mi vida

Mi familia a quienes agradezco el cariño y el apoyo brindado en todo momento

1 Co 15:57 RV60

AGRADECIMIENTO

Extiendo un agradecimiento especial a las siguientes personas que me apoyaron durante la realización de la presente investigación. Gracias a sus aportes, cariño y compañía, me permitieron fortalecer el presente Trabajo Final de Graduación.

- Randall Figueroa Mata. Profesor tutor de esta investigación.
- Fernando Ureña Elizondo. Profesor lector.
- Carlos Alberto Arguedas Matarrita. Profesor lector.
- Xinia Villalobos Zúñiga. Ejecutiva Institucional del CCCSR.
- Estudiantes de Undécimo nivel del CCCSR del año 2020.
- Personal Administrativo y Docente del CCCSR.
- Universidad de Costa Rica de la Sede de Occidente.
- Equipo de Experimentación Remota de la UNED.

Eduardo Alonso Arias Navarro

REFLEXIÓN

“Me parece haber sido sólo un niño jugando en la orilla del mar, divirtiéndose y buscando una piedra más lisa o una concha más bonita de lo normal, mientras el gran océano de la verdad yacía ante mis ojos con todo por descubrir”

Isaac Newton (1642 – 1727)

“Nada en la vida es para ser temido, es sólo para ser comprendido. Ahora es el momento de entender más, de modo que podamos temer menos”

Marie Curie (1867 – 1934)

TABLA DE CONTENIDOS

TRIBUNAL EXAMINADOR	ii
DECLARACIÓN JURADA.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
REFLEXIÓN.....	vi
TABLA DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
Abreviaturas y símbolos.....	xv
Resumen.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes	5
1.3. Justificación.....	14
1.4. Dificultades que motivan la investigación.....	19
1.4.1. Pregunta generadora	21
1.5. Objetivo general	21
1.5.1. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Educación	23
2.2. Importancia de la educación	25
2.2.1. El sistema educativo costarricense	26
2.2.2. El Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses.....	28
2.2.2.1. Colegios Científicos Costarricenses.....	29
2.2.2.2. Colegio Científico Costarricense de San Ramón	31
2.3. La enseñanza de la Física	34
2.3.1. La física como ciencia exacta	34

2.3.2.	Áreas de las ciencias físicas	35
2.3.2.1.	La electricidad: eje disciplinar	38
2.3.3.	Importancia de la física en el sistema educativo	39
2.4.	El desarrollo experimental en la enseñanza de la física	42
2.4.1.	Las Tecnologías de la Información y Comunicación en la enseñanza de la física	42
2.4.2.	Estrategias didácticas para el aprendizaje	43
2.4.3.	El Laboratorio de física	46
2.4.3.1.	Las simulaciones y/o demostraciones.....	47
2.4.3.2.	Sistemas de captura automática de datos	49
2.4.3.3.	Laboratorios remotos	50
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....		53
3.1.	Enfoque y diseño de la investigación	53
3.1.1.	Tipo de la Investigación	54
3.2.	Fases y etapas de la investigación	55
3.3.	Descripción del escenario	56
3.4.	Población	57
3.4.1.	Descripción de la muestra.....	58
3.5.	Diseño de la propuesta didáctica	58
3.6.	Fuentes de información.....	62
3.7.	Instrumentos	62
3.7.1.	La prueba conceptual.....	62
3.7.2.	Encuesta	64
3.7.3.	Rúbricas.....	65
3.8.	Análisis de datos	65
3.8.1.	Prueba estadística	66
3.8.2.	Ganancia de Hake	68
3.8.3.	Factor de concentración.....	70

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	76
4.1. Análisis general de la propuesta didáctica con los resultados aplicados a la muestra	77
4.1.1. Análisis de estadísticos descriptivos y prueba de hipótesis	77
4.1.2. Análisis general del factor Hake.....	80
4.1.3. Análisis del factor de concentración.....	82
4.2. Análisis para el contenido la ley de Coulomb.....	86
4.3. Análisis para el contenido la ley de Ohm	91
4.4. Análisis para el contenido circuito en serie y paralelo.....	95
4.5. Análisis para el contenido las leyes de Kirchhoff	100
4.6. Valoraciones de los estudiantes con el diseño de la propuesta didáctica.....	104
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
5.1. Conclusiones.....	115
5.2. Recomendaciones	119
REFERENCIAS	121
ANEXOS	128
Anexo 1. Asentimiento Informado para los participantes.....	128
Anexo 2. Prueba conceptual de electricidad aplicada a los estudiantes del CCCSR.....	130
Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR.....	146
Anexo 4. Rubrica para evaluar prácticas experimentales de física.....	150
Anexo 5. Ajustes de pruebas de normalidad a la preprueba y posprueba	151
Anexo 6. Ilustraciones de gráficos con nivel alto de satisfacción y efectividad	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de áreas académicas para el área de la física.	36
Figura 2. Paradigmas de la física a través de la historia.	38
Figura 3. Modelo de planificación para lección de física mediante estrategia basada en indagación.	45
Figura 4. Arquitectura general de un LR.	52
Figura 5. Regiones permitidas del factor de concentración para establecer los patrones de respuesta y el modelo implicado.	75
Figura 6. Representación gráfica de cajas para los resultados obtenidos en la...	79
Figura 7. Resultados de la nota en la preprueba y posprueba para cada uno de los estudiantes.	81
Figura 8. Resultados generales del factor de concentración en función de la puntuación para los estudiantes del CCCSR al aplicar la preprueba y posprueba.	86
Figura 9. Gráfico de la pregunta 1 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.	88
Figura 10. gráfico de la pregunta 2 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.	89
Figura 11. Gráfico de la pregunta 3 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.	89
Figura 12. Gráfico de la pregunta 7 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.	90
Figura 13. Gráfico de la pregunta 10 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.	91
Figura 14. Gráfico de la pregunta 4 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.	93
Figura 15. Gráfico de la pregunta 5 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.	93
Figura 16. Gráfico de la pregunta 8 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.	94

Figura 17. Gráfico de la pregunta 9 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.	94
Figura 18. Gráfico de la pregunta 11 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.	95
Figura 19. Gráfico de la pregunta 6 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.	97
Figura 20. Gráfico de la pregunta 12 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.	98
Figura 21. Gráfico de la pregunta 14 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.	98
Figura 22. Gráfico de la pregunta 15 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.	99
Figura 23. Gráfico de la pregunta 20 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.	100
Figura 24. Gráfico de la pregunta 16 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.	102
Figura 25. Gráfico de la pregunta 17 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.	103
Figura 26. Gráfico de la pregunta 18 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.	103
Figura 27. Gráfico de la pregunta 19 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.	104
Figura 28. Grado de satisfacción de los estudiantes con el uso de este tipo de práctica empleadas para la unidad de electricidad.	105

Figura 29. Grado de satisfacción con el diseño de las prácticas en el formato presentado para la unidad de electricidad.	106
Figura 30. Consideración de las sesiones previas al laboratorio y posterior al laboratorio y cómo esto contribuyó hacia un mejor desarrollo del experimento.	106
Figura 31. Valoración de los procedimientos en las prácticas de electricidad, si están escritos o diseñados para poblaciones del SNCCC u otro tipo de modalidad de colegios del MEP.	107
Figura 32. Valoración de cómo el diseño de las prácticas favoreció al estudiante en la recolección de datos, cálculos y/o observaciones para análisis de informes o proyectos del tema estudiado.	108
Figura 33. El diseño de la rúbrica permitió guiar adecuadamente a los estudiantes en cuanto a las valoraciones y recomendaciones que el docente le señaló.	109
Figura 34. Grado de satisfacción con el uso de las síntesis para recopilar sus resultados y/o observaciones.	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programación de lecciones para los niveles de 10° y 11° nivel del CCCSR.	32
Tabla 2. Magnitudes físicas para electricidad.	39
Tabla 3. Recursos de simulaciones aplicadas a la enseñanza de la física.	48
Tabla 4. Lista de casas tecnológicas en productos de automatización automática para enseñanza de la física.	50
Tabla 5. Enlaces de Laboratorios remotos dispuestos para la enseñanza de la física.	51
Tabla 6. Descripción de los momentos y fases de la investigación experimental.	56
Tabla 7. Distribución de respuestas para una pregunta.	71
Tabla 8. Combinación de la concentración y la puntuación para establecer los modelos del factor de concentración.	72
Tabla 9. Codificación de escala en la puntuación y la concentración para establecer el nivel del patrón de respuesta.	73
Tabla 10. Resultados de estadísticos descriptivos de la preprueba y posprueba aplicada a los estudiantes de 11° de CCCSR.	78
Tabla 11. Análisis de la prueba t aplicada a los resultados de la preprueba y posprueba con los estudiantes de 11° de CCCSR.	79
Tabla 12. Resultados de preprueba y posprueba para medir el factor de Hake... ..	80
Tabla 13. Ganancias de Hake aplicada a toda la muestra con la preprueba y posprueba.	82
Tabla 14. Resultados del cambio en los modelos del factor de concentración después de aplicar la propuesta didáctica	84
Tabla 15. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia hake para los ítems relacionados con la ley de Coulomb.	87
Tabla 16. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia Hake para los ítems relacionados con la ley de Ohm.	92
Tabla 17. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia Hake para los ítems relacionados con circuito en serie y paralelo.	96

Tabla 18. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia hake para los ítems relacionados con las leyes de Kirchhoff.....	101
Tabla 19. Dada las circunstancias del COVID-19. Algunas afirmaciones de los estudiantes con aportes o deficiencias sobre el diseño de este tipo de prácticas empleadas en la unidad de electricidad.....	111
Tabla 20. Recomendaciones o aspectos a modo general que tuvieron los estudiantes sobre el uso de este tipo de prácticas empleadas en la unidad de electricidad.....	112

Abreviaturas y símbolos

MEP	Ministerio de Educación Pública
MICIT	Ministerio de Ciencia y Tecnología
UCR	Universidad de Costa Rica
TEC	Instituto Tecnológico de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional
UCR-SO	Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente
UCR-SG	Universidad de Costa Rica, Sede de Guanacaste
UCR-SA	Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico
UCR-SP	Universidad de Costa Rica, Sede del Pacífico
SNCCC	Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses
CCCSR	Colegio Científico Costarricense de San Ramón
LF	Laboratorio de Física
LV	Laboratorios Virtuales
LR	Laboratorios Remotos
SCADa	Sistema de Captura Automática de Datos
AAPT	Asociación Americana de Profesores de Física
COVID-19	Coronavirus 2019
VISIR	Virtual Instruments System in Reality

Resumen

Como parte de una necesidad y mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación diversificada del SNCCC, en la lección de física con laboratorio se planteó la investigación de una propuesta didáctica experimental basada en la unidad de electricidad con estudiantes de undécimo nivel del CCCSR durante el año 2020. Se desarrolló un cuaderno de prácticas basado en la estrategia de aprendizaje de indagación propuesta por el Programa de Educación Diversificada del Ministerio de Educación Pública.

Se hizo un estudio cuantitativo con un diseño cuasiexperimental medido a través de estadística descriptiva, el modelo de ganancia conceptual de Hake y el factor de concentración de Bao y Redish mediante una prueba conceptual adaptada de la Asociación Americana de Profesores de Física, misma que fue aplicada de forma previa y posterior al empleo de la propuesta didáctica. Además, se incorporó un cuestionario como método no experimental transeccional correlacional-causal para determinar otros aspectos relevantes en cuanto al grado de satisfacción, opinión y características propias del diseño establecido.

De esta forma, con los resultados obtenidos se logró afirmar que la propuesta didáctica establecida para este sistema educativo tuvo cambios notorios y significativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y a la vez se relaciona como un insumo de vital importancia para la educación diversificada a nivel nacional.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

Desde tiempos remotos, el hombre ha sido capaz de avanzar en sus deseos y visiones hacia un mundo cada vez más predecible y tangible al conocimiento. Este “mundo artificial producido por un conocimiento racional, sistemático, verificable y por consiguiente falible” fue expuesto por (Bunge, 2013, p. 1) como un cuerpo de ideas llamada “ciencia”. A partir de este conocimiento fue como se delimitaron sus diferentes ramas, entre ellas destaca la física (ciencia del cosmos), que por largos años ha respaldado los avances y más importantes descubrimientos de la humanidad a través de leyes, principios y teorías que rigen este vasto mundo de maravillas. Por tanto, es necesario que estas valiosas ideas sigan alcanzando las nuevas generaciones y para ello, la enseñanza asume un rol de vital importancia, dado que establece el medio de transferencia para el conocimiento.

El educando explora esa forma de adquirir su propio conocimiento, dado que le permite incursionar en nuevas ideas. El proceso de educar resulta esencial para el alcance personal, además provee condiciones favorables en el desarrollo integral de una sociedad.

En este caso Costa Rica en busca de un mejor desempeño hacia la educación, ha creado múltiples planes y acciones de trabajo con el fin de propiciar mayores beneficios en este campo.

Sin embargo, este sistema educativo no siempre ha logrado resultados positivos, esto porque puede percibir en cualquier ciudadano costarricense varias deficiencias. La enseñanza de la física, no está exenta de tal situación, ya que de acuerdo a informes de Estado de la Educación (Programa Estado de la Nación [PEN], 2011) y (Programa Estado de la Nación [PEN], 2013) dejó ver serios problemas en la disciplina así como en otras ciencias tanto a nivel de educación básica como diversificada (física).

Con el fin de fortalecer la enseñanza de la física en el nivel medio, se planteó el presente trabajo denominado: diseño de una propuesta experimental que facilite el aprendizaje en las aplicaciones teóricas y prácticas en el tema de electricidad a estudiantes de undécimo nivel del Colegio Científico Costarricense de San Ramón (CCCSR).

Cabe destacar que el Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses (SNCCC) dispone de lecciones en los laboratorios de ciencias naturales (biología, física y química), dado que cuentan con el respaldo de los campus universitarios, lugar donde se asientan dichas instituciones por convenio establecido. Esto les permite contar con recursos como: espacio, equipamiento y docentes para el desarrollo de estas lecciones.

No obstante, a pesar de que SNCCC cuenta con los recursos necesarios para las lecciones en los laboratorios, el sistema de educación secundaria ha dado poco uso a estrategias didácticas en las lecciones experimentales, lo que motiva a

que el CCCSR desde la enseñanza de la física utilice temas como la electricidad, dónde se presentan falencias conceptuales por malas prácticas asociadas principalmente con el factor riesgo y escasa profundización en los conceptos físicos del tópico. Por tanto, lo anterior influyó para poner en práctica el desarrollo de una propuesta que fortalezca los conocimientos en el tema y apropie las aplicaciones más novedosas en cuanto a tecnología para el diseño experimental en las lecciones de laboratorio.

Además, dadas la circunstancias vividas recientemente por la situación causada por el Coronavirus 2019 (COVID-19), el (Gobierno de Costa Rica, 2020) mediante el decreto-ejecutivo 4227 declaró la emergencia nacional y como producto de ello se tuvo que “suspender lecciones, en los centros educativos públicos y privados y centros de formación del INA” (párr 3) ... medida que el (Ministerio de Educación Pública [MEP], 2020) adoptó y postergó hasta el mes de septiembre, sin embargo dado la evolución de la pandemia, los procesos de educación se mantuvieron bajo la modalidad virtual hasta su periodo de finalización. Con esto, la propuesta también consideró más el uso de propuestas experimentales acordes a la modalidad de enseñanza virtual.

De igual manera, con este trabajo no solo se implementó el diseño de una propuesta experimental, sino que también se adecuó hacia un modelo que permita desarrollar o estructurar la estrategia didáctica mediante un momento previo a la sesión de laboratorio y otro posterior para fortalecer los conocimientos en el tema

a través de un proceso de indagación que contemple la focalización, exploración y retroalimentación. Luego, la propuesta se validó mediante pruebas de hipótesis, factores de aprendizaje y una rúbrica adaptada del centro educativo de California, el Folsom Cordova Unified School District (ver Anexo 4) para laboratorios de física acorde a este proceso. Con este último instrumento, se calificó las síntesis de laboratorio una vez finalizada cada lección experimental.

Los resultados de esta investigación permitirán a las demás clases de laboratorio en las otras ciencias del CCCSR abordar este tipo de propuestas experimentales y a la vez sirva como un precedente para el SNCCC. De igual forma, se espera que este diseño pueda ser escalable a las demás instituciones del Ministerio de Educación Pública (MEP) en niveles de educación diversificada con el fin de implementar estas estrategias hacia la mejora del proceso educativo.

1.2. Antecedentes

A nivel nacional son escasos los trabajos enfocados en el tema de la electricidad en la enseñanza de la física aplicados a nivel de secundaria, además se tiene pocas publicaciones referentes al tema desde la didáctica de la física, así como poco desarrollo de redes con grupos de investigadores. Sin embargo, algunos trabajos presentados tanto a nivel nacional como internacional han relacionado el tema de la electricidad con el fin de buscar aplicaciones y

herramientas prácticas que mejoren el interés del estudiantado y brinde mayores oportunidades al fortalecimiento en la enseñanza de la física.

En el año 2005 se desarrolló el trabajo “Los Conceptos Científicos de la Física en el proceso de enseñanza-aprendizaje: Un estudio de caso, en el aula y el laboratorio, con un grupo del profesorado de Ciencias de una Universidad Pública”, el físico y profesor Ronald Barboza en el 2005 planteó una investigación etnográfica que buscó dilucidar aspectos inherentes al proceso de enseñanza-aprendizaje hacia los conceptos científicos de la física dentro del aula y el laboratorio.

Para este caso se analizó aspectos de la física con experimentos en el laboratorio, en donde el autor destacó que los espacios de laboratorio son una oferta didáctica apropiada y más participativa para el proceso de enseñanza-aprendizaje en los conceptos científicos, siendo una estrategia que según describe él mismo ayuda a desarrollar las habilidades requeridas en el laboratorio y fomenta una actitud reflexiva sobre el comportamiento de determinados fenómenos naturales.

Además, (Barboza, 2005) concluyó que a pesar de las buenas características que ofrecen los laboratorios, "su importancia aún sigue sin ser valorada en la dimensión de apoyo que brinda a la docencia y recomendó la necesidad de replantear los programas educativos para que se adecue más las sesiones de laboratorio" (p. 194). Este trabajo representa un valioso aporte

principalmente dentro de las construcciones de enseñanza-aprendizaje aplicadas a los conocimientos científicos del laboratorio.

Posteriormente, en el año 2008, se presentó la memoria de práctica dirigida "Sugerencias metodológicas para la Enseñanza del Electromagnetismo" escrita por la estudiante Marianela Jiménez Mora quien buscó mejorar los objetivos planteados en el Programa de Física propuesto por el MEP en el tema de electromagnetismo a través de dos grupos uno control y otro experimental, donde utilizó estrategias como el trabajo de laboratorio y concluyó que este tipo de proceso experimental facilitó la comunicación del aprendizaje mejorando sus resultados y destacó la importancia que tiene para el laboratorio, la "posible modificación de equipos que pueden ser conseguidos en el mercado nacional a precios accesibles para el desarrollo de estos espacios que son de vital fortaleza para los docentes de ciencias" (Jiménez, 2008, p. 25).

Luego, otro estudio de interés se hizo mediante una "Propuesta para la elaboración de un texto para la enseñanza de la Física en el área de la Educación Técnica", Minor Alvarado Silva, desarrolló en el año 2010 un análisis sobre los libros de texto vigentes en los Programas de Enseñanza Técnica del Ministerio de Educación Pública y como estos sirven de apoyo al proceso de enseñanza aprendizaje en cuanto al componente de contenido y su soporte material, permitiéndole elaborar una nueva propuesta que contribuyera al mejoramiento de

los libros de texto para la Enseñanza de la física en Colegios Técnicos de Costa Rica.

Además, destacó que los “laboratorios son estrategias que permite en los estudiantes mayor aprendizaje y a partir de ello, se pueden aplicar los pasos del método científico, logrando en el estudiantado personas más objetivas, con sentido crítico y analítico ante fenómenos a su alrededor” (Alvarado, 2010, p. 31). Este trabajo aportó mucho al contenido teórico en el contexto histórico de la física y su desenvolvimiento en Costa Rica.

En el trabajo final de graduación realizado por Álvarez y Smith en el 2012, titulado "Propuestas didácticas innovadoras para la enseñanza de la física y de la química en décimo año, en el Colegio Madre del Divino Pastor, circuito 01, de la Dirección Regional de Educación de San José" se consideraron aspectos tanto en la enseñanza de la química como de la física, pero específicamente desde la enseñanza de la física se desarrolló una propuesta de enseñanza programada virtual aplicada al tema de las leyes de Newton con estudiantes de décimo nivel, en esta ocasión se concluyó como “la participación de laboratorios virtuales pudieron influir positivamente en el rendimiento de la población estudiantil en estudio” (Álvarez y Smith, 2012, p. 213). Con este trabajo, se destacó la importancia del uso de las Tecnologías de la Comunicación e Información (TIC) y la aplicación de novedosas estrategias metodológicas que podrán ser aplicadas a las sesiones del laboratorio.

En la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) se presentó en el año 2016 la "Propuesta metodológica para estudiantes de décimo año basada en la estrategia de laboratorio con el tema de fluidos aplicado en situaciones de la vida cotidiana", se desarrolló la propuesta metodológica empleando la técnica de laboratorio en el tema de fluidos y como ésta se implementa en aplicaciones de la vida cotidiana, para esta investigación se utilizó un paradigma naturalista con enfoque cualitativo, basado en un estudio que responde al modelo fenomenológico interpretativo, empleando sujetos de muestra a 28 estudiantes de décimo nivel en el tema de fluidos, y posteriormente validando su propuesta con 10 profesores del área de física que tuvieran al menos 5 años de experiencia en el área (Parreaguirre y Ramírez, 2016). El desarrollo de esta investigación fue de vital importancia para la elaboración del diseño de la propuesta experimental a través de aquellos elementos relevantes que fueron empleados en el laboratorio.

Por otra parte, se tiene recientemente, en una nota publicada el 4 de marzo del 2019 por el periódico La Nación denominada en su título como "Alumnos de UNED aprenderán Física con aplicación móvil y realidad aumentada" se subrayó el uso de novedosas aplicaciones que se trabajaron desde el Laboratorio de Investigación en Experimentación Remota, con nuevas estrategias de laboratorio utilizando las TIC a través aplicaciones como la Segunda Ley de Newton con realidad aumentada, con la característica de ser manipulada desde un celular en cualquier lugar que se tenga acceso a Internet. Cabe mencionar que en dicha nota

se destacó la participación del uso de los Laboratorio Remotos (LR), y como estos ya fueron aplicados en colegios como el Técnico Profesional de Atenas y el Liceo de San Ramón, referido en realidad al CCCSR (Vargas, 4 de marzo de 2019). Con esta publicación, se registró la importancia de las más novedosas aplicaciones existentes para los laboratorios y cómo estos ya forman parte del desarrollo de aprendizaje para ser incorporado en la propuesta a desarrollar.

En otros ámbitos fuera de las fronteras de Costa Rica se han realizados diferentes experimentos hacia la mejora y calidad del uso de los laboratorios de física, algunas investigaciones de relevancia se describen a continuación.

La investigación denominada "Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física" se desarrolló en Madrid, España durante el año 2005; en esta ocasión se analizó las ventajas y desventajas del uso de los *e-laboratorios* conocidos como los laboratorios virtuales (LV) y laboratorios remotos (LR), luego se aplicó una práctica de LV sobre electromagnetismo en el primer curso de Física de la carrera de Ingeniería Técnica en Informática de la Gestión. Los resultados obtenidos plantearon que los estudiantes "mejoraron su motivación hacia el laboratorio y a través de estas novedosas estrategias se establece una nueva conexión con los avances de la didáctica de la física y el uso de las TIC" (Rosado & Herreros, 2005, p. 5).

Desde España, la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), publicó la investigación "La importancia del trabajo experimental en física: un

ejemplo para distintos niveles de enseñanza" (Carreras et al., 2007) donde se propuso analizar mediante la práctica de difracción diferentes experimentos presenciales que permitieron profundizar más en conceptos, mediciones, interpretación y análisis de resultados según diferentes niveles académicos en los que se llevó un proceso cada vez más complejo. Los autores concuerdan en que la "experimentación es una metodología fundamental y cotidiana, que ayuda a atraer hacia la Física a un número mayor de estudiantes y una nueva forma de enseñar y de contribuir al mundo científico" (Carreras et al., 2007, p. 83). El planteamiento de este trabajo resultó útil para considerar la reflexión sobre la necesidad de la actividad experimental en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física.

El trabajo de la tesis doctoral "Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica" el autor desde la Universidad Nacional del Litoral (UNL) en Argentina planteó en el 2017 la importancia y la creación de los LR en el centro universitario UNED de Costa Rica. (Arguedas, 2017, p. 2) destaca que "LR son experiencias reales por medio del uso del Internet, lo que promueve un complemento importante a la filosofía de este centro de estudio con formación académica a distancia". Para esta investigación se empleó una "metodología mixta dirigida a especialistas en diferentes partes del mundo y estudiantes de la UNED en Costa Rica que validaron la propuesta" (Arguedas, 2017, p. 40). Cabe mencionar que este estudio fue de vital

importancia, ya que permitió implementar el uso de LR con recursos propios del país y fortaleció más las estrategias de aprendizaje al incorporar esta novedosa metodología experimental.

En su tesis de maestría titulada "Experimentos cruciales de laboratorio y enriquecimiento conceptual en el aprendizaje de la física", durante el 2018 Edgardo Gutiérrez planteó en Córdoba, Argentina la evaluación del trabajo experimental en el laboratorio y su contribución al enriquecimiento conceptual de la física, para ello empleó un enfoque cuantitativo y correlacional mediante parámetros estadísticos empleando pruebas previas y posteriores a un grupo experimental que fueron comparados con otro grupo control a través de un diseño experimental empleando la práctica de fuerzas bajo un plano inclinado al que se le modificó tamaños, formas y pesos (Gutiérrez, 2018). El planteamiento de esta investigación contribuyó en el empleo de modelos estadísticos que fueron de gran importancia para el desarrollo de la propuesta, esto porque permite analizar nuevos escenarios donde se espera que "los estudiantes se muestren como sujetos más activos en sus propios procesos y estrategias de aprendizaje de la física" (Gutiérrez, 2018, p. 97) a través de las prácticas de laboratorio.

Igualmente, para el año 2018 se realizó la investigación del "uso de simulaciones en la enseñanza de conceptos generales de electricidad y magnetismo" en estudiantes de ingeniería en la universidad Antonio Nariño de la sede del Sur de Bogotá D.C Colombia en la que se construyeron actividades de

aprendizaje que vinculan los planteamientos del ciclo PODS del Aprendizaje Activo de la Física, con el acompañamiento de laboratorios virtuales, transformando las Clases Interactivas Demostrativas (CDI) por Clases Demostrativas Interactivas mediadas por Tecnología (CID-T) en conceptos generales de electricidad y magnetismo a nivel universitario. Para esta tesis el autor utilizó el factor de eficiencia de Hake, el estadístico paramétrico de la t de Student, el factor de concentración y el modelo estadístico de Rasch a través de la aplicación de una prueba evaluado de forma previa y posterior a la estrategia analizada (Becerra, 2018). El aporte metodológico de esta investigación es de vital importancia para el análisis de los datos recopilados en esta investigación.

En Indonesia, recientemente se publicó la investigación " Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment", donde se describe un estudio con laboratorios físicos y virtuales de bajo costo y con tecnología mejorada, se aplicó a 68 estudiantes de secundaria pruebas conceptuales previas y posteriores que determinaron que ambos métodos experimentales fueron efectivos en conceptos simples y mejor aún en conceptos más difíciles y la autoeficacia de la investigación científica. Además se hace hincapié en el agrado del uso del laboratorio, donde los autores plantearon que ambos "métodos experimentales promovieron en el estudiantado el disfrute" (Husnaini y Chen, 2019, p. 10). Esta investigación favoreció significativamente a la propuesta

desarrollada, puesto que las condiciones planteadas tanto del contexto educativo, así como de recursos (laboratorios virtuales y presenciales) tuvieron características similares al escenario de esta investigación.

1.3. Justificación

Mejorar el sistema educativo en pro de la garantía y la calidad del aprendizaje ha significado todo un reto para el sistema educativo en Costa Rica a lo largo de su historia, sin embargo, el MEP a pesar de sus crecientes logros ha tenido reportes de problemas principalmente en cobertura universal.

El cuarto informe de labores del estado de la educación destacó que, a nivel de secundaria, muchos jóvenes dejan de asistir al colegio por diversas razones. Se menciona que hay “situaciones de exclusión vinculadas con problemas de equidad; situaciones de expulsión vinculadas con el fracaso estudiantil y la calidad misma de la educación hasta situaciones de repulsión asociadas tanto con la pertinencia de los procesos educativos como con el poco atractivo de la vida colegial”. (PEN, 2013, p. 154-155)

Además, en el quinto y sexto informe del Estado de la Educación (PEN, 2017) se señaló apenas de una leve mejora “ ... con estudiantes matriculados en undécimo año en 2016 quienes representaron el 45,4% de los que iniciaron séptimo en 2012”. (p. 200)

En este sentido “apenas se tenía 3,8 puntos porcentuales más que el alcanzado en los años anteriores, lo que según este informe ha destacado como un resultado bajo e insuficiente” (PEN, 2017, p. 200). Por tanto, estos estudios aun evidencian una población estudiantil con limitaciones para concluir la secundaria y apertura a grados de educación superior que permitan mejorar desde el punto de vista la inserción hacia el mercado laboral en ocupaciones de mayor calidad de vida social y económica.

Luego, con el último informe se presentó la permanencia de problemas de exclusión y repitencia que agravan y generan un círculo vicioso de bajo desempeño y poca eficiencia, teniendo leves mejorías pero que “según indicadores no será hasta el año 2030 cuando se logre la meta de universalizar la educación diversificada siempre y cuando el MEP brinde el acompañamiento requerido”. (PEN, 2019, p. 123-124)

Por tanto, todos estos resultados de deserción presentados anteriormente han reflejado que las limitantes en la educación diversificada han sido constantes, si bien se ha tenido mejoría en algunos años, estos avances aún siguen presentando problemas que el MEP debe revertir, dado que estas limitantes repercuten en la educación del país y el avance a la educación superior, reflejados en el desarrollo socioeconómico.

Es así como a través de la educación básica y el ciclo diversificado se ha pretendido contribuir a la educación costarricense en las diferentes disciplinas con

“el fin de garantizar educación universal, gratuita y costeada por el estado a nivel de secundaria completa, propiciando el desarrollo de destrezas, habilidades y conocimientos en los estudiantes para que estos puedan ser autónomos, responsables, productivos y participar activamente en la vida democrática” (PEN, 2013, p. 139).

Por eso, para la década de los años noventa se estableció dentro del plan de la educación costarricense cómo plantear soluciones académicas, con el fin de potencializar la calidad académica y fue entonces cuando se creó el Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses (SNCCC) bajo el mandato legal del Decreto Ejecutivo **N^o 24961-MEP**, en su primer artículo, donde los Colegios Científicos Costarricense son, “por definición, instituciones preuniversitarias que ofrecen a sus estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades, destrezas, conocimientos y orientación profesional para un óptimo desempeño académico en la educación superior” (Sistema Costarricense de Información Jurídica [SCIJ], 2019, párr. 5). Además, como se menciona en el sitio web del MEP, estas instituciones tienen como objetivo potencializar el desarrollo del plan de estudios y los programas que conforman la rama científica de la educación diversificada del sistema educativo nacional (MEP, 2019, párr. 1).

Analizando esta misma situación enfocada al desarrollo científico, el Programa del Estado de la Educación en su tercer informe reflejó como el 74 % de

las regiones educativas en el área de ciencias apenas mostraron un rendimiento académico de nivel 1, es decir

... el estudiante es capaz de conocer y relacionar conceptos como movimiento rectilíneo uniforme, pueden identificar y distinguir cambios de estado de la materia y el concepto de etapa del ciclo celular, pero tienen problemas para resolver situaciones que describen estos procesos, identificar propiedades químicas y físicas o las partes del átomo, o bien analizar situaciones de transformación o conservación de la materia y energía asociadas a la conservación del planeta. (PEN, 2013, p. 150)

Es por esto que resulta factible abordar el desarrollo de conceptos de naturaleza conceptual, con modelos dinámicos, de análisis y resolución de situaciones prácticas, como es el caso del tema de electricidad previsto en el programa de educación diversificada para estudiantes de undécimo nivel (MEP, 2017).

Además, el modelo experimental a través del uso de los laboratorios no ha sido un parámetro de enseñanza notorio en la educación diversificada y tampoco bien potencializado en el SNCCC, instituciones que cuentan con estudiantes de excelentes rendimientos académicos, puesto que son grupos admitidos mediante una prueba de admisión basada en habilidades para las ciencias naturales y las matemáticas.

El CCCSR posee de excelentes recursos de infraestructura, equipamiento, lecciones académicas y personal para llevar a cabo el diseño de clases prácticas mediante el uso del laboratorio en cada una de las ciencias naturales. Sin embargo, las lecciones en el laboratorio de física no cuentan con un material académico que aproveche estos recursos al máximo y mucho menos se haya elaborado en base a las oportunidades y el perfil que presenta esta población estudiantil.

Por tanto, es necesario generar estos espacios prácticos para que el estudiantado del CCCSR tenga acceso a una mejor comprensión de los conceptos, que pueda “poner en práctica la interpretación de los fenómenos y contraste sus propias hipótesis al momento de formular un modelo”. (Caamaño et al., 2011, p. 178)

Como resultado, surge el planteamiento del diseño de una propuesta didáctica experimental en el tema de electricidad que pueda lograr promover una motivación hacia el quehacer científico y propiciar un óptimo conocimiento en el aprendizaje del tema y con ello todas las aplicaciones prácticas que se dan en la cotidianidad de la vida en cuanto a la electricidad.

Además, la propuesta debe permitir incursionar en un primer diseño experimental para las lecciones en el laboratorio de física basado en las condiciones y oportunidades que cuenta el CCCSR, así como contribuir a las demás instituciones del SNCCC que lo conforman a lo largo de todo el país y de

igual forma, a todas aquellas otras instituciones académicas que promuevan la creación de espacios de enseñanza a través de un laboratorio.

1.4. Dificultades que motivan la investigación

El SNCCC son centros educativos que exigen una alta demanda en el aprendizaje, mayormente orientado al desarrollo en la educación científica ya que el sistema se destaca por tener en su mayoría estudiantes con habilidades en el dominio de las ciencias y las matemáticas, además cuentan con una profundización en los contenidos (lecciones preuniversitarias) y el desarrollo de lecciones con laboratorio en las áreas de las ciencias naturales (biología, física y química).

Sin embargo, para las lecciones de laboratorio de física en el CCCSR no se dispone de un material académico propio o algún texto vigente elaborado para el SNCCC. Dado esto, las lecciones se presentan con el diseño de prácticas recopiladas y adaptadas de otros cursos, en su mayoría materiales confeccionados a modalidades de educación superior, puesto que la educación secundaria del país dispone de pocos recursos que puedan dotar de espacios de laboratorios en las ciencias naturales como los que se encuentran en los centros universitarios donde se hallan ubicados estos colegios. Esto influye en que se dé una carencia de textos académicos afines a la experimentación que puedan ser ofrecidos a esta población con los recursos presentes.

Por lo tanto, desde un modelo de cultura científica el sistema educativo se cimienta en un espacio donde la ciencia “refiere al producto, a los conocimientos que genera, a la práctica investigadora y a la comunidad científica... sobre el mundo social y natural en el que se vive” (Arias y Navarro, 2017, p. 9) lo que permite nutrir a partir de su contexto social, educativo y cultural una formación de lecciones experimentales oportunas. Por consiguiente, se plantea desarrollar un diseño de una propuesta didáctica que aborde construcciones teóricas y metodológicas enfatizadas en la enseñanza de la física a través del tema de electricidad, permitiendo una aplicación experimental consonante al estudiantado de este sistema.

Además, con las características que presenta el estudiantado del CCCSR, los recursos que dispone la institución universitaria que lo respalda y la profundización de los contenidos en las ciencias naturales, permitirá a esta propuesta didáctica reflexionar en un adecuado aprendizaje en el estudiantado, empleando conocimientos naturalistas del empirismo basados en las ciencias físicas adaptadas a un modelo de formación óptima para este sistema de enseñanza nacional como son el SNCCC.

1.4.1. Pregunta generadora

¿Un nuevo diseño de propuesta didáctica experimental en la lección de laboratorio de física podría fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje del tema de electricidad a estudiantes de undécimo nivel del CCCSR?

Por lo que, esto conlleva a plantear la siguiente hipótesis de investigación:

Al implementar el nuevo diseño didáctico con prácticas experimentales en la unidad de electricidad, los estudiantes de undécimo nivel del CCCSR evidenciarán aspectos positivos y significativos para el proceso de enseñanza y aprendizaje abordados desde la lección de laboratorio de física.

Con el fin de dar una respuesta a la interrogante planteada y la hipótesis establecida, la investigación plantea los siguientes objetivos:

1.5. Objetivo general

Diseñar una propuesta didáctica experimental que aborde el proceso de enseñanza y aprendizaje, en el tema de electricidad para las lecciones de laboratorio de física en estudiantes de undécimo nivel del Colegio Científico Costarricense de San Ramón.

1.5.1. Objetivos específicos

1. Elaborar una propuesta didáctica experimental basada en diferentes modelos experimentales novedosos utilizados en la enseñanza de la física para las lecciones de laboratorio.
2. Verificar el aprendizaje significativo del tema estudiado en las lecciones de laboratorio por medio de modelos estadísticos para pruebas de hipótesis y apreciaciones no experimentales.
3. Cuantificar factores de ganancia y concentración del aprendizaje mediante pruebas de conocimiento conceptual validadas por la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPF) (previo a sesión y posterior a sesión) aplicadas en el tópico de estudio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se exponen algunos conocimientos relacionados con la educación, la enseñanza de la física, el SNCCC, el laboratorio y las estrategias de enseñanza y aprendizaje orientadas hacia un modelo experimental acorde a la enseñanza de la física y su relación con el tema de estudio a fin de abordar una mayor comprensión y desarrollo a los conceptos planteados en esta investigación.

2.1. Educación

La educación es y debe ser considerada como una de las acciones o profesiones más importantes realizadas por el ser humano, se tiene claro que este proceso está inmerso en el caminar histórico del hombre que desde tiempos muy antiguos hasta la actualidad mantiene un alto grado de importancia.

Sin embargo, las constantes modificaciones culturales, ambientales y antrópicas inciden directamente sobre este proceso tan vital para el desarrollo y desafíos que requieren las sociedades, ya que la variedad de enfoques, paradigmas y/o pensamientos que puedan surgir por minúsculos que se aprecien crean un constante camino de evolución sobre este concepto.

Platón desde tiempos antiguos definía a la educación como el proceso que “da al cuerpo y al alma toda la perfección y toda la belleza de que son capaces”, suponía que era un instrumento necesario para el hombre (Ballén, 2010, p. 37).

El término educación “deriva del latín educare verbo educere, sus raíces son ex (afuera) y ducere (llevar, conducir), que significa conducir afuera” etimológicamente hablando (Picardo, 2004, p. 93). Lo que atribuye el fundamento de crecer y desarrollar el conocimiento y el ejercicio de la mente en el sentido del buen juicio.

Por otra parte, otros autores relacionan este proceso como un elemento general para los procesos cotidianos de la humanidad (León, 2007) acuña este término como:

La educación presupone una visión del mundo y de la vida, una concepción de la mente, del conocimiento y de una forma de pensar; una concepción de futuro y una manera de satisfacer las necesidades humanas. Necesidad de vivir y estar seguro, de pertenecer, de conocerse y de crear y producir... (p. 598)

De lo anterior, se enfatiza el contexto natural del hombre y como este busca adaptar sus condiciones y necesidades a la búsqueda de mejores escenarios, lo cuales responden a contextos culturales que son modificados por la educación, ello induce a comprender la importancia que tiene la educación en el mundo.

2.2. Importancia de la educación

El proceso educativo es indispensable en todos los ámbitos, sea por temas sociales, económicos, culturales, familiares o incluso personales. Esto permite que los sujetos se adecuen al contexto propio de cada sociedad. Se dice que la educación forma al sujeto individual, subjetivo, responsable ante el mundo y del mundo que le han mostrado o enseñado. “Si no es libre no es responsable, no puede decidir, es decir, no se ha educado” (León, 2007, p. 598).

Además, no se trata de un proceso inherente al sistema escolar o educación formal, sino que debe ir más allá, a través de personas u otras instituciones que cumplan con el mismo propósito de educar, que le permitan al sujeto una retroalimentación de sus conocimientos.

La educación es considerada uno de los derechos permanentes en la vida de cualquier ser humano, esto debe considerar:

... no solamente el derecho a la educación escolarizada, sino a vivir en un entorno que proporcione medios educativos que faciliten el despliegue de las capacidades de la persona, que permitan a todos acceder a los bienes de la cultura, las tecnologías informáticas, los medios de comunicación y, en síntesis, el acceso al conocimiento. (Bruni et al., p. 13)

Costa Rica se ha caracterizado por ser un país que aboga por el interés de una educación con acceso, de calidad y crítica ante los nuevos retos que se deban

afrontar en la sociedad y al mundo entero, por ende, es crucial conocer un poco del sistema educativo costarricense.

2.2.1. El sistema educativo costarricense

El sistema educativo, abordado desde la voluntad humana, se dice que puede moldearse a la forma de nuestro deseos, no siendo una “proyección en la materia inerte de una institución, y donde encontraremos en él lo que se ha puesto y hecho en él” (Chavellard, 2000, p. 13).

En Costa Rica, la constitución política mediante el Normativa de ley 2160 formulada en 1957, denominada Ley fundamental de la Educación establece en el artículo 2 los siguientes fines de la educación costarricense, entre los más significativos se destacan (SCIJ, 2017, párr. 1):

- Formación de ciudadanos amantes de su Patria, conscientes de sus deberes, de sus derechos y de sus libertades fundamentales, con profundo sentido de responsabilidad y de respeto a la dignidad humana.
- Conservar y ampliar la herencia cultural, impartiendo conocimientos sobre la historia del hombre, las grandes obras de la literatura y los conceptos filosóficos fundamentales.
- Promover la formación de ciudadanos amantes de su patria multiétnica y pluricultural, conscientes de sus deberes, derechos y libertades

fundamentales, con profundo sentido de responsabilidad y respeto a la dignidad humana sin discriminación de ningún tipo.

(Así adicionado el inciso anterior por el artículo 4° de la ley N° 9456 del 6 de junio de 2017, “Reconocer el carácter multiétnico y pluricultural de Costa Rica”).

Además se establece que para la Educación Media en el artículo 14, se atiendan las necesidades educativas generales y vocacionales en los adolescentes (SCIJ, 2017, párr. 14), a través de:

- Contribuir a la formación de la personalidad en un medio que favorezca su desarrollo físico, intelectual y moral.
- Desarrollar el pensamiento reflexivo para analizar los valores éticos, estéticos y sociales; para la solución inteligente de los problemas y para impulsar el progreso de la cultura.
- Guiar en la adquisición de una cultura general que incluya los conocimientos y valores necesarios para que el adolescente pueda orientarse y comprender los problemas que le plantee su medio social.
- Desarrollar las habilidades y aptitudes que le permitan orientarse hacia algún campo de actividades vocacionales o profesionales.

Por lo tanto, el sistema educativo costarricense es firme al darle valor notorio a la educación, en todos los niveles educativos (primaria, secundaria y

universitaria) promoviendo igualdad de oportunidades y de acceso al quehacer científico, social, de salud, cultural, tecnológico, deporte y todo bajo el requerimiento de importancia en la concientización hacia el respeto por la conservación de la naturaleza y su entorno, promoviendo estudiantes críticos e integrales hacia una sociedad competitiva. Parte de ese compromiso se destacó con la creación del SNCCC, promotores de un sistema que fomenta la afinidad hacia el quehacer científico.

2.2.2. El Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses

La creación del SNCCC de Costa Rica se dio por parte del Consejo Superior de Educación según consta en el acta número 1489 del 21 de febrero de 1989, ahí se aprobó su creación en el gobierno de don Óscar Arias Sánchez. El sistema inició funciones el día 12 de abril de 1989 y fue ratificada su creación por el Decreto **19059-MEP-MICIT** con fecha 8 de mayo del mismo año y publicado en la gaceta N° 129 del 7 de julio de 1989. Posteriormente, con la aprobación de la Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico el 1 de agosto de 1990, el SNCCC adquiere rango legal. En ésta, no sólo, se define su estructura organizativa básica, sino también, se establece la procedencia de los fondos económicos para su debido funcionamiento.

Inicialmente en 1989, se empezó con dos sedes uno en el Instituto Tecnológico Costarricense (TEC) en Cartago y el otro en la Universidad de Costa

Rica (UCR) en San Pedro de Montes de Oca. En el mes de febrero de 1993, el SNCCC se consolida con la apertura de cuatro nuevas sedes más, en la Universidad de Costa Rica en Sede de Occidente (UCR-SO) en San Ramón de Alajuela y la sede de Guanacaste en la Universidad de Costa Rica en la Sede de Guanacaste (UCR-SG) en Liberia, así como la sede de Pérez Zeledón en la UNA y la sede de San Carlos en el TEC de Santa Clara de San Carlos. Posteriormente para el 2002 se crea en la Universidad de Costa Rica de la Sede del Atlántico (UCR-SA) en Limón y en el 2004, en la Universidad de Costa Rica en la Sede del Pacífico (UCR-SP) en Puntarenas. Luego, para el 2006 se estableció la sede de Alajuela en el campus de la UNED en Alajuela.

Recientemente, el 6 de marzo del 2020 el MEP, MICIT y la UNED realizaron el acto de inauguración para dar apertura a la última sede del SNCCC en la zona sur del país en el centro universitario de la UNED de San Vito (Acontecer UNED, 2020, párr. 1). Convirtiéndose, el Colegio Científico de San Vito en la sede número diez del SNCCC.

2.2.2.1. Colegios Científicos Costarricenses

Son instituciones que trabajan dentro de todas las universidades estatales del país, cada colegio cuenta con dos niveles, un décimo y un undécimo. Las aulas para las lecciones tienden a estar cerca de la oficina del Ejecutivo Institucional, por lo que el contacto con todos los profesores es permanente y

diario. Para este sistema prevalece el mandato legal del Decreto Ejecutivo N° 24961-MEP, cuando en su artículo primero establece lo siguiente:

... son, por definición, instituciones preuniversitarias que ofrecen a sus alumnos la oportunidad de desarrollar habilidades, destrezas, conocimientos y orientación profesional para un óptimo desempeño académico en la Educación Superior. (SCIJ, 2019, párr. 1)

Además, este sistema cuenta con personería Jurídica propia, de tal manera que para el cumplimiento de sus objetivos y pautas son definidas por un Consejo Nacional de Colegios Científicos adscrito al MEP, de esta manera el SNCCC tienen un régimen diferente al de todos los colegios oficiales en razón de sus fines y propósitos.

Disponen de un plan de estudios, contenidos programáticos, nivel de exigencia, reglamentos, currículo y organización propia. Cuenta con normas particulares de admisión y promoción, criterios de contratación de personal docente y administrativo, calendario escolar propio, y otros aspectos, que establezcan en reunión los Ejecutivos Institucionales con el Director Ejecutivo del SNCCC, de ahí que las relaciones entre el SNCCC y las Direcciones Regionales fueron reguladas en 1995 por autoridades del MEP. (SCIJ, 1992).

Todo el SNCCC es una modalidad educativa con excelente oportunidad para estudiantes sobresalientes y dispuestos a tener disciplina en el estudio intensivo, junto con la investigación y los laboratorios, complementan una formación óptima como preparación para la Educación Superior.

2.2.2.2. Colegio Científico Costarricense de San Ramón

Conforma la tercera sede creada del SNCCC ubicada en el campus universitario de la UCR-SO en el cantón de San Ramón de Alajuela. Este colegio tiene un grupo por cada nivel y su programación de lecciones para ambos niveles se destaca en la Tabla 1, donde cada lección tiene un tiempo estimado de 45 minutos.

Tabla 1. Programación de lecciones para los niveles de 10° y 11° nivel del CCCSR.

Materia	Área	Número de Lecciones
Español	General	5
Matemática	General	6
Matemática	Profundización	3
Física	General	4
Física	Profundización	2
Química	General	4
Química	Profundización	2
Biología	General	4
Bilología	Profundización	1
Computación y robótica	General	2
Geografía	General	2
Historia	General	2
Educación Cívica	General	2
Inglés	General	5
Dibujo Técnico	General	3
Educación Física	General	2

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Cabe destacar que el CCCSR al igual que las demás instituciones del sistema, para su ingreso dispone del periodo de apertura a todos los estudiantes provenientes de otros colegios con excelentes notas en los niveles de séptimo, octavo e inicios del noveno año y con una preferencia notable hacía las materias de las ciencias. Posteriormente se aplica un examen de admisión que selecciona a los mejores 30 estudiantes aproximadamente y, por último, realizan entrevistas y pruebas psicosociales que le permitan medir sus habilidades o debilidades con el fin de brindar un óptimo criterio e intervención al estudiante para el desempeño en el proceso de enseñanza y aprendizaje del sistema.

Además, el CCCSR destaca por cumplir según reglamento al capítulo II del título IV de la ley 7169 en su artículo segundo los objetivos propuestos para la Educación Diversificada del Sistema Educativo, siendo aspectos relevantes para este sistema, entre los que destaca (SCIJ, 1992, párr. 12)

- Proporcionar a sus estudiantes conocimientos sólidos y habilidades en los fundamentos de la ciencia y de la tecnología, en los campos de la matemática, física, química, biología y la informática.
- Desarrollar al máximo posible el potencial científico y tecnológico de los jóvenes con vocación hacia las ciencias exactas.
- Formar jóvenes en los cuales se hayan cultivado sus responsabilidades de ciudadanos y su conciencia de especial responsabilidad en el desarrollo de Costa Rica; a través del trabajo productivo en las áreas de las ciencias exactas y de la tecnología.
- Formar jóvenes creativos capaces de comunicarse eficazmente en el lenguaje de la matemática y de las ciencias exactas; pensar y razonar lógicamente; adquirir conocimientos científicos nuevos por sus propios medios y resolver problemas.

2.3. La enseñanza de la Física

Para desarrollar este tema, se requiere ahondar en diferentes construcciones teóricas y prácticas que permitan enlazar el grado de importancia que éste tiene y las repercusiones que representa para el sistema educativo, para esto se discutirán los siguientes aspectos.

2.3.1. La física como ciencia exacta

Abarcar el estudio de la ciencia como un proceso único, visto desde una idea que pretende ser general puede resultar un proceso bastante complejo, más cuando el estudio se enfoca y/o abarca múltiples conocimientos, por eso desde tiempos antiguos el conocimiento científico se fue delimitando corrientes epistemológicas a través de racionalismo y el empirismo que han delineado la naturaleza de las disciplinas como la física, química, biología, astronomía, matemáticas, entre otras. Para este caso, se tratará a la física desde un campo de ciencia experimental que observa fenómenos naturales que permitan encontrar patrones que posteriormente “describan un comportamiento empleando teorías físicas que pueden llegar a formularse como leyes o principios físicos” (Young y Freedman, 2018, p. 2).

Dicho de otra manera, entendemos que el estudio de la física se involucra con la naturaleza, es decir, analiza un fenómeno natural con el propósito de acercar o asegurar una respuesta que explique el funcionamiento de ese objeto a

través de un lenguaje matemático que simplifica el modelo. Sin importar el lugar, persona o periodo de la historia, la física ha incursionado en formar parte del desarrollo del intelecto humano, ya que su alcance trasciende cualquier escala o espacio para ser considerada como parte del objeto de estudio.

2.3.2. Áreas de las ciencias físicas

Desde el inicio se justificó a la física como el estudio del cosmos, un proceso que enmarcaba el análisis de toda explicación lógica y verás que se le pudiera dar a cualquier fenómeno. Sin embargo, la grandeza de su evolución y el crecimiento que ha presentado a lo largo de la historia del ser humano fue lo que dio origen a la estructura que subclasifica a la física por áreas, para esto la Figura 1 detalla cada una de estas especializaciones académicas de la física.

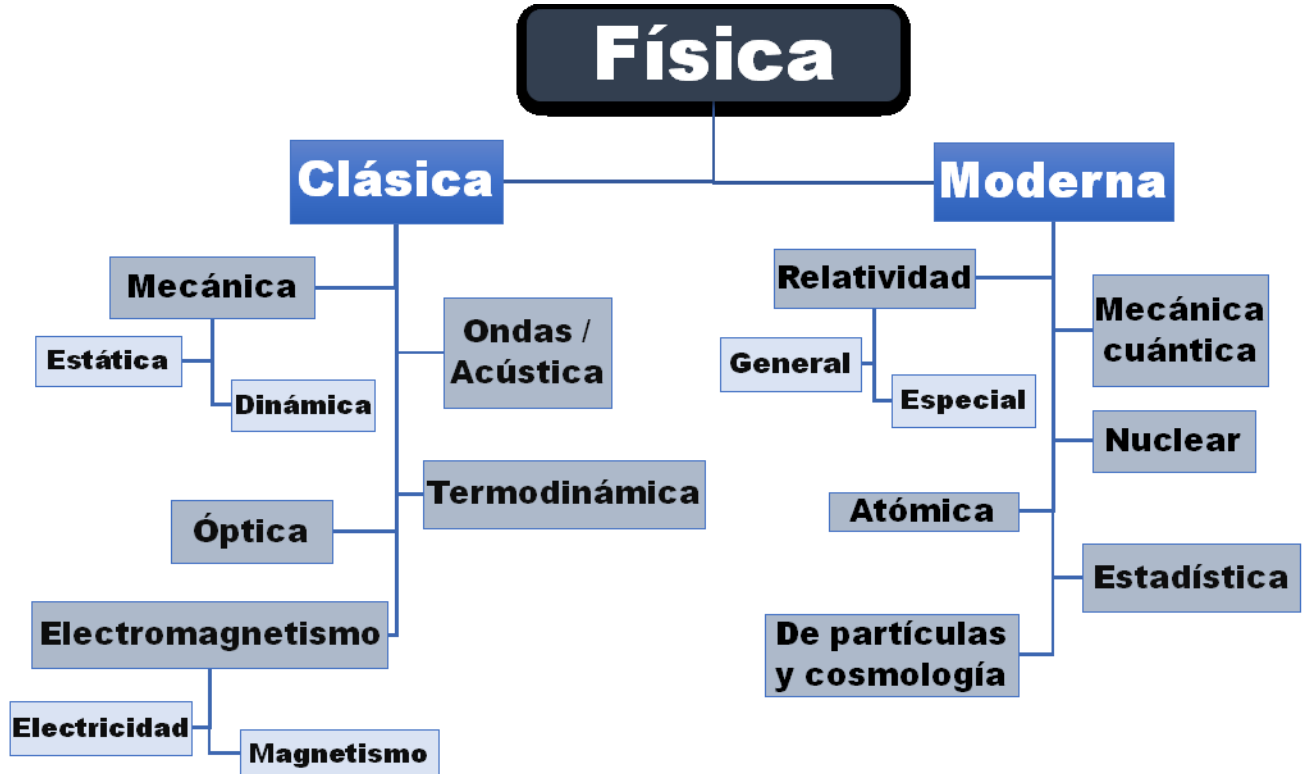


Figura 1. Clasificación de áreas académicas para el área de la física.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Por física clásica entendemos que se trata de un proceso de teorías basadas en espacio-tiempo a escalas de partículas indivisibles como átomos, tomando un carácter de causalidad determinista. Se destaca la famosa obra de “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (1687/1998) de Sir Isaac Newton, donde se planteó la Ley de Gravitación Universal que permitió dar explicación a ciertos saberes e hipótesis planteados por Galileo Galilei y las leyes de la cantidad de movimiento sobre un cuerpo” (D’Alessandro et al., 2015, p. 199). Otro aspecto relevante de este paradigma mecanicista se basó el proceso empírico, inductivo y matemático que permitió bajo condiciones iniciales naturales comprender y/o

predecir el comportamiento de un objeto a escalas universales concebidas así hasta ese momento.

Por otra parte, el avance tecnológico y científico marca una pauta en el camino de la historia científica, dónde se deja de percibir el modelo del átomo como la partícula elemental o límite universal y más bien se da inicios a un nuevo micro universo conformado de nuevas partículas elementales, entre la más destacadas: los electrones, neutrones y protones. El inicio de esta nueva era lleva a un nuevo paradigma revolucionario, donde el nuevo estado de objeto pasa de ser un modelo determinista a uno probabilístico, dando origen a la nueva escala de la física conocida como: física moderna.

Es notable que el importante desarrollo en los paradigmas en la física tuvo repercusiones en la nueva construcción racional y ontológica del conocimiento, ya que a través de estos enfoques se planteó una explicación basada en una construcción del conocimiento como “una razón intelectual y otra sensorial” (D’Alessandro et al., 2015, p. 197), lo que induce a un nuevo proceso de clasificación que abordó trasfondos filosóficos de carácter epistemológico, teórico y ontológico que han sido de manifiesto a todas las generaciones de científicos en diversos niveles de ciencia general y con un alto impacto de importancia en los sistemas educativos. La Figura 2 representa una clasificación general basada en las visiones planteadas por los científicos de cada periodo.

PRE-MODERNIDAD	MODERNIDAD (SIGLO XIX)	POST MODERNIDAD (SIGLO XX)
FÍSICA PRE-MODERNA	FÍSICA CLÁSICA	FÍSICA DE LA COMPLEJIDAD
•Teoría del calórico	•Mecánica Newtoniana •Teoría Cinética de los Gases	•Termodinámica de los sistemas abiertos (Estructuras Disipativas)
•Teoría del flogisto	•Teoría Cinética del Calor •Termodinámica Clásica •Electromagnetismo Clásico	•Dinámica no lineal (Caos determinista) •Electrodinámica Cuántica •Teoría del Campo Unificado •Mecánica Estadística

Figura 2. Paradigmas de la física a través de la historia.
Fuente: (D'Alessandro et al., 2015).

2.3.2.1. La electricidad: eje disciplinar

Se entiende a la electricidad como la “transferencia de energía a través de los movimientos producidos por los electrones que conforman los átomos” (Serway y Jewett, 2019, p. 587) y como esta interacciona con otras variables físicas a través de la materia. Su aplicación es fundamental para otras áreas del conocimiento, como se da con el magnetismo, fenómenos que fueron relacionados a inicios del siglo XIX.

Por su parte, (Young y Freedman, 2018, p. 4) y (Serway y Jewett, 2019, p. 3) coinciden que un “fenómeno físico puede ser descrito mediante una variable que pueda ser medida cuantitativamente”, de forma que el objeto de estudio pueda ser analizado en términos de una variable con su respectivo símbolo y valor para que esta pueda ser leída universalmente. Entre las magnitudes físicas más relevantes de la electricidad se tienen:

Tabla 2. Magnitudes físicas para electricidad.

Magnitud	Unidad de medida	Símbolo
Diferencia de potencial	Voltio	V
Corriente eléctrica	Amperio	A
Resistencia eléctrica	Ohmios	Ω
Potencia eléctrica	Vatio	W
Capacitancia	Faradio	F

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Las cantidades físicas de la Tabla 2 ha permitido en esta área analizar y comprender fenómenos físicos como el campo y potencial eléctrico, la ley de Gauss, ley de Coulomb, ley de Ohm, las leyes de Kirchhoff y toda le temática general de circuito eléctricos que han sido fundamentales para el funcionamiento de múltiples aplicaciones de la vida.

2.3.3. Importancia de la física en el sistema educativo

La física constituye un papel fundamental en el desarrollo de la humanidad, ya que interviene en procesos vitales para las actividades humanas en gran cantidad de disciplinas como las ingenierías, tecnología, medicina, astronomía, otras ciencias. Por ende, su desarrollo y evolución científica es fundamental para cualquier sociedad, sin embargo, ésta no puede ser transferida si no es primero formada y sometida a procesos de enseñanza.

Para Costa Rica, actualmente el (MEP, 2017, p. 27) establece en su Programa de Física para Educación Diversificada, que los estudiantes adquieran a través de esta materia una condición de ser “una ciudadanía reflexiva y crítica considerando un desarrollo biológico y psicoemocional” siguiendo un perfil que destaque destrezas como (MEP, 2017, p. 28):

- Revisar los conocimientos, las técnicas y las herramientas prácticas de la Física a fin de mantener una actitud abierta y autodidacta frente a problemas y realidades.
- Analizar las evidencias para dar respuesta a una situación problemática desde la Física con procesos de investigación.
- Interpretar de forma precisa, en su cultura cotidiana enunciados, gráficas, símbolos signos y preguntas, desde la Física.
- Analizar los diversos argumentos sobre temáticas de la Física, a partir de sus implicaciones y consecuencias prácticas, en la cotidianidad y en el ambiente.
- Diseñar prototipos o modelos para comprobar o refutar hipótesis, resolver problemas, satisfacer necesidades o demostrar principios científicos, hechos o fenómenos relacionados con la Física, tomando en cuenta la variedad de contextos y la búsqueda de mejorar las alternativas de solución ya existentes.

- Evaluar los factores y elementos de riesgo físico presentes en la naturaleza que alteran la calidad de la vida de una población para proponer medidas preventivas, que respeten la diversidad en todas sus formas.
- Usar de forma responsable las normas de seguridad para disminuir riesgos y daños a sí mismo y a la naturaleza, en el uso, manejo y mantenimiento de instrumentos, equipos y sustancias, en cualquier contexto.
- Inferir el sentido global de un texto de la física, superando las ambigüedades, contradicciones, su contexto de producción.
- Evaluar el contenido de un texto de la física, a partir de su contexto y su valor para impactar su propia vida y la de los demás.
- Elaborar contenidos de diversa extensión y complejidad originales y coherentes a partir del uso de los cánones de expresión visual, oral y escrita.
- Utilizar las Tecnología de la Comunicación e Información (TIC), herramientas y equipos especializados en la búsqueda, recolección, selección, organización (análisis, interpretación y síntesis) y divulgación de la información, de forma individual o colaborativa.

Por tanto, es notable que el sistema educativo costarricense plantea un estudiantado que se vinculen más a la indagación de sus propios conocimientos, con reformas educativas que buscan adaptarse más a los nuevos cambios sociales, culturales y tecnológicos de la sociedad moderna.

2.4.El desarrollo experimental en la enseñanza de la física

El desarrollo de actividades experimentales es considerado como uno de los puntos medulares para el éxito de las ciencias naturales (López et al., 2012) para formar o potenciar estudiantes con pensamientos críticos y creativos. Sin embargo, la experimentación como estrategia didáctica se nutre y se ve influenciada por las novedosas corrientes de la TIC

2.4.1. Las Tecnologías de la Información y Comunicación en la enseñanza de la física

Las TIC conocido así en su forma de acrónimo se entiende por un “conjunto de servicios, redes, software y aparatos tecnológicos que ayudan a mejorar la calidad de vida de las personas dentro de un entorno integrado a un sistema de información conectado y complementario” (Roldán, 2010, p. 4).

La enseñanza de la física ha utilizado este recurso, potenciando su uso en diferentes áreas durante los últimos años, abarcando herramientas de aprendizaje para el análisis de fenómenos naturales que ocupan a la física “mediante el trabajo experimental real o a través de escenarios virtuales” (Caamaño et al., 2011, p. 172). Este medio permite propiciar en los estudiantes su propio planteamiento en el “desarrollo de experimentos y proyectos fomentados hacia el trabajo colaborativo y el uso del método científico sin olvidar que la física es una ciencia experimental” (Fragoso y Torres, 2017, p. 4). No obstante, es indispensable contar

con las adecuadas herramientas que guíen hacia un proceso óptimo y satisfactorio, dónde el docente pueda instruir y trasladar la construcción del conocimiento en ejecución al estudiantado, para ello es indispensable la planificación y la ejecución de una acertada estrategia de aprendizaje.

2.4.2. Estrategias didácticas para el aprendizaje

En una lección de física se entiende que una estrategia didáctica debe ser un proceso reflexivo donde se “presentan retos, problemas, situaciones, capacidades que deben ser abordados mediante la planificación, instrucción y ejecución para formar seres más críticos, pensantes y positivos” (Arias, 2014, p. 36) ante las adversidades de las realidades presentes durante el proceso.

Por su parte (Carrasco, 2004) define a las estrategias como todos aquellos “enfoques y modos de actuar que hacen que el profesor dirija con pericia el aprendizaje de los estudiantes. La estrategia didáctica, se refiere a todos los actos favorecedores del aprendizaje”. (p. 40)

Conviene destacar que algunas de las estrategias didácticas que se desarrollan en la enseñanza de la física, principalmente en el campo experimental suelen ser:

Resolución de problemas prácticos: se basa en la observación analítica de un problema concreto, este debe ser conceptualizado por el estudiante, analizado y ejecutado para dar una respuesta lógica, verás y que no presente una

discrepancia con el procedimiento de la problemática planteada. Algunos libros académicos utilizados para estudiar física como el de (Young y Freedman, 2013) plantean que “la resolución de problemas debe abogar varias etapas: identificación, planteamiento, ejecución y evaluación, que permitan dar con un adecuado y óptimo proceso para la enseñanza y aprendizaje”. (p. 3)

Indagación: para esta estrategia (Verdejo y Freixas, 2009, p. 15) plantean que esta consiste en un “método de casos en la que el estudiante realiza una búsqueda que permita relacionar los conocimientos teóricos con ambientes de aplicaciones prácticas”. En la mecánica clásica de la física, se le atribuye a esta estrategia como una actividad que impulsó el aprendizaje por inducción, ya que por este aprendizaje grandes científicos pudieron formular diferentes leyes que siguen siendo de interés en este campo de estudio.

Actualmente el Programa de Educación Diversificada en Física propuesto por el MEP emplea el modelo de planificación para la clase de física (véase la Figura 3) con la estrategia basada en indagación a través de los procesos de: focalización, exploración, reflexión y contrastación, aplicación y evaluación de los aprendizajes. Esta estrategia establece:

... un papel activo en el estudiantado, donde, se piensa en un problema o desafío personal o comunitario, se comparte sus ideas, e indica sus conocimientos previos y se hace preguntas de forma reflexiva hacia el

objeto de estudio, fomentando el desarrollo de habilidades del pensamiento sistémico, la resolución de problemas, el uso de tecnologías digitales, así como la responsabilidad personal y social del estudiantado. (MEP, 2017, p. 20-25)



Figura 3. Modelo de planificación para lección de física mediante estrategia basada en indagación.

Fuente: (MEP, 2017, p. 25)

Demostración: A nivel experimental, esta estrategia representa una de las actividades a desarrollar más comunes en el campo de la enseñanza de las ciencias naturales, su usabilidad puede darse por factores de costo, fácil aplicación, tiempo, lugar, entre otros. Se dice que esta estrategia basada en “un sistema teórico involucra al sujeto a una situación que pueda ser indagada y explorada como resultado empírico que puede ser refutado teóricamente y justificado por el hecho” (Arias, 2014, p. 37).

Trabajo colaborativo o entre pares: conocido como el Peer Instruction, Learning denominado así por su creador el profesor de física Eric Mazur, esta estrategia involucra a los estudiantes durante la clase a realizar actividades donde cada estudiante “aplique conceptos básicos que posteriormente puedan explicar a otros compañeros de estudio” (Crouch y Mazur, 2001, p. 270). Las actividades planteadas como el Peer Instruction Learning ha sido adaptada de múltiples formas para desarrollar “trabajos colaborativos que permiten un dominio en conocimientos de planificación, categorización y distribución de tareas” (Verdejo y Freixas, 2009, p. 23) que pueden ser llevadas a técnicas didácticas como los laboratorios de física.

2.4.3. El Laboratorio de física

Se entiende por un laboratorio de física (LF) un espacio de experimentación en el que el estudiante sigue las pautas del método científico para comprender un fenómeno o postulado físico, entre esto se prevé que el estudiante adquiera un “aprendizaje con un sentido crítico y analítico, donde se da una participación y reflexiona lo que hace” (Arroyo, 2016, p. 51) sobre la situación planteada y por ello, mediante esta técnica pueda responder a sus interrogantes. En los tiempos modernos, los laboratorios han evolucionado al adaptar nuevas formas de experimentación, logrando crear diferentes modelos de laboratorios.

2.4.3.1. Las simulaciones y/o demostraciones

Las simulaciones o LV consisten en una aplicación práctica que ha evolucionado los estándares clásicos de la experimentación en física, para ello considere lo expuesto por (Caamaño et al., 2011)

Las simulaciones, animaciones, los applets, los laboratorios virtuales, etc. Pueden ayudar a los estudiantes a entender los hechos y las ideas en el contexto de un marco conceptual, en el caso de que los profesores se afanen a descodificar e interpretar la información que transmiten las imágenes... evidenciando que las simulaciones podrían ser herramientas útiles para ayudar a los estudiantes en el proceso de construirse representaciones mentales de los sistemas y los fenómenos. (p. 179)

Entre las simulaciones más destacadas en la experimentación de la enseñanza de física se tiene el siguiente listado que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Recursos de simulaciones aplicadas a la enseñanza de la física.

Simulación	Enlace URL	Derechos de Autores
Física con ordenador	http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm	Ángel franco
FisLab.net	http://www.fislab.net/	Tavi Casellas
PhET.Interactive Simulations	https://phet.colorado.edu/	Universidad de Colorado
NASA Simulations	https://www.knowitall.org/series/nasa-science-simulations	Applets de la NASA
Minds on Physics Simulations	https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives	The physics classroom
Physlets	https://webphysics.davidson.edu/applets/applets.html	Wolfrang Christian, del Davidson College
Physique et simulations numériques	http://subaru.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/index.html	Jean-Jacques Rousseau
The Applet Collection	http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/applets.htm	W. Bauer
Math, Physics and engineering Applets	https://www.falstad.com/mathphysics.html	Paul Falstad
Java-Applets Zur Physik	https://www.walter-fendt.de/html5/phes/	Walter Fendt
Free Software for Learning About Math, Physics, and Engineering	http://www.sciencesheware.com/indexSub.htm	Pedal Power Generators LLC
Apoyo académico para la Educación Media Superior de la UNAM, México	http://objetos.unam.mx/	Teresa Vázquez Mantecón Mario Alberto Hernández Mayorga Antonio Eder Navarro Mendoza
oPhysics	https://ophysics.com/index.html	Tom Walsh
Física Animaciones/ Simulaciones	https://www.vascak.cz/	Vladimír Vašćák
Segunda ley de Newton	https://multimedia.uned.ac.cr/pem/21eynewton/pag/home.html	Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica

Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.4.3.2. Sistemas de captura automática de datos

Este diseño metodológico es una de las adaptaciones más novedosas en el área de las ciencias naturales durante los últimos años, su fundamento se basa en la experimentación de fenómenos reales en los laboratorios empleando un sistema de captación automática de datos (SCADa) “mediante sensores que son acoplados a un ordenador a través de una interface externa o interna” (Caamaño et al., 2011, p. 173).

Uno de los principales aportes se da en la precisión metrológica en los instrumentos y/o sensores que son adaptados con las mejores tendencias tecnológicas, además la facilidad de interpretación en procesos científicos como gráficos vinculados a fenómenos reales con una toma de datos inmediata, lo que permite mejorar en tiempo real la experimentación ante modelos complejos de análisis en los laboratorios de física.

Algunos de estos productos de automatización automática en el mundo se destacan en la Tabla 4.

Tabla 4. Lista de casas tecnológicas en productos de automatización automática para enseñanza de la física.

Manufacturera	Enlace URL
PASCO Scientific	http://www.pasco.com/
Phywe	http://www.phywe.de/e_index.html
Vernier Software & Technology	http://www.vernier.com/
Leybold didactic	http://www.leybold-didactic.com/data_uk/index.html
ELWE Didactic	http://www.elwe-physik.de/en/index.html
SF Scientific	http://www.sfscientific.com/science/
3b Scientific	https://www.a3bs.com/cr/fisica.pg_83.html
Frederiksen Scientific	https://int.frederiksen.eu/
Twins	http://www.twins.fr/fr/
Winsco	https://winsco.com/product-category/strobes/
NT	http://www.ntl.at/
UNILAB	http://www.unilab.co.uk/home.htm
Carolina Science	https://www.carolina.com/physical-earth-sciences/10680.ct?intid=home_t_nav_10680
Azeheb	https://azeheb.com.br/
Ward's Science	https://www.wardsci.com/store/

Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.4.3.3. Laboratorios remotos

Por su parte, un Laboratorio Remoto “consiste en herramientas tecnológicas que integran software y hardware para configurar una experiencia real a la que se accede de manera remota a través de Internet o de redes académicas” (Arguedas y Concari, 2018, p. 704), es decir, estos LR son laboratorios operados por equipos reales que son controlados por un servidor (véase la Figura 4) que envía las instrucciones que el estudiante demande de la práctica, logrando un trabajo autónomo en el usuario que es vital para el proceso de enseñanza.

En la Tabla 5 se adjunta diferentes centros de investigación remota que desarrollan este tipo de prácticas en el área de las ciencias físicas.

Tabla 5. Enlaces de Laboratorios remotos dispuestos para la enseñanza de la física.

Laboratorio	Sitio Web	Sede
e-Laboratory Project	https://elab.epfl.ch/page-41621-en-html/page-45214-en-html/	Prague Caroline University. República Checa
RemLabNet	http://www.remlabnet.eu/	Convenio de varias universidades de Europa
WebLab-Deusto	https://weblab.deusto.es/website/	Universidad de Deusto, Bilbao. España
Laboratorio Remoto del Grupo Galileo	http://galileo4.unl.edu.ar/	Facultad de química, UNL. Argentina
Physil@b	http://physilab.ucp.edu.co/web/	Asociación con Universidad Católica de Pereira, Universidad Católica de Manizales y la Universidad de Medellín. Colombia
Laboratorio Remoto de la UNR	https://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/	Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. Argentina
Remote Experimentation Laboratory (RExLab)	http://relle.ufsc.br/labs	Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil
Labsland	https://labsland.com/es/labs	Red de investigación https://labsland.com/es/about
Magnetic main y Spectrometer Virtual RemoteLab	https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/sims/magneticfield/ https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/qv/rcl/rcl01/index_rcl.php	Universidad de Munich by Lars-Jochen Thoms
UNEDLabs	https://unilabs.dia.uned.es/mod/data/view.php?id=1534	Universidad Nacional Estatal a Distancia. España
Experimentación Remota	https://unedcr.labsland.com/?lang=es	Universidad Nacional Estatal a Distancia. Costa Rica

Fuente: Actualización y adaptación de (Arguedas & Concari, 2016)

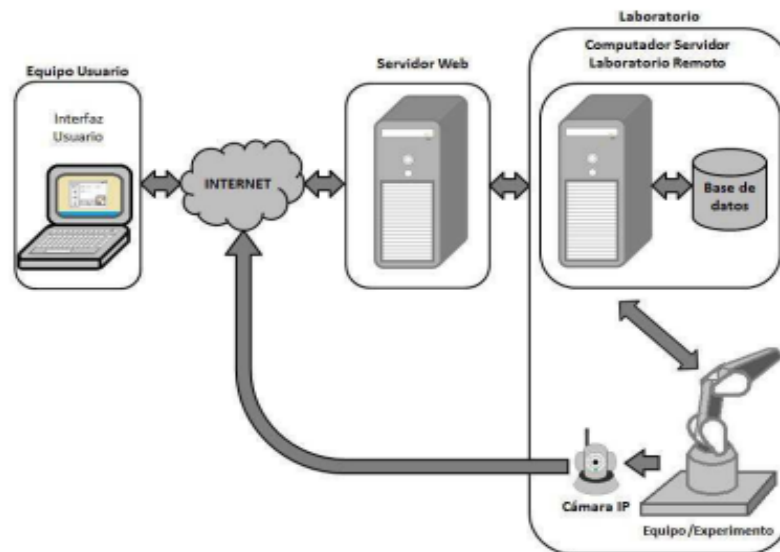


Figura 4. Arquitectura general de un LR.
Fuente: (Arguedas y Concari, 2018, p. 705).

Los LR son construcciones basadas en el argumento de un proceso de modelaje, donde su principal aporte es la experimentación real, sin embargo, se requiere el empleo de herramientas informáticas específicas, estas permiten al estudiantado construir su propio modelo y le da pie a crear su propia manera de pensar sobre un fenómeno físico. (Caamaño et al., 2011)

Cada una de estas metodologías son esenciales en la forma que potencian el aprendizaje en el sistema educativo donde se aplique, sin embargo es importante que el profesor planifique adecuadamente las actividades que favorezcan dichos conocimientos que son puestos en práctica a través de estas estrategias didácticas innovadoras, por ende cada metodología que se emplee debe ser considerada y puesta en práctica con una adecuada estrategia didáctica que fortalezca el proceso de enseñanza y aprendizaje en el estudiantado.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo, se describe la metodología empleada en esta investigación. Se define el diseño y tipo de investigación, tomando en cuenta el paradigma y enfoque investigativo, sus respectivas etapas del proceso de investigación, el perfil de la institución y los sujetos que lo conforman considerando su contexto demográfico, académico y social.

Además, se establecen la muestra, fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de información para el análisis de estudio de este proceso investigativo, así como un apartado de análisis de datos.

3.1. Enfoque y diseño de la investigación

Esta investigación se desarrolla bajo el enfoque cuantitativo, donde se recaba la información mediante datos que se reportan y se procesan empleando diferentes modelos de análisis a través del uso de métodos estadísticos. Se entiende que estos métodos se han diseñado para contribuir al proceso de “realizar juicios científicos inteligentes frente a la incertidumbre y la variación” (Walpole et al., 2012, p. 1).

En esta misma línea (Hernández et al., 2006, p. 5) puntualizan que este enfoque debe centrarse en el “análisis numérico, ya que la recolección de datos tiene el propósito de probar hipótesis a través de dicha medición numérica, que

rige su estudio bajo análisis estadísticos que permiten establecer patrones de comportamiento e incluso comprobar teorías”.

Además, la investigación se desarrolló como un estudio vinculado a aspectos del paradigma cuantitativo, propiamente a un diseño experimental que de acuerdo con (Hernández et al., 2014) este tipo de investigación se define como:

... un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (p. 129)

No obstante, por la naturaleza de la investigación, el análisis también incorporó aspectos del diseño no experimental que de forma directa no pretenden manipular intencionalmente o deliberadamente la(s) variable(s) independiente(s) de su efecto con la variable dependiente (Hernández et al., 2014) sino que permite observar el fenómeno dentro de su contexto natural.

3.1.1. Tipo de la Investigación

El diseño establecido para el objeto de estudio responde a un tipo de investigación cuasi experimental donde el investigador no puede hacer la asignación al azar de los sujetos a los grupos experimentales y de control, sino que estos ya están conformados antes del experimento. Sin embargo, puede

controlar alguna de los siguientes puntos: “cómo cuándo llevar a cabo las observaciones o cuándo aplicar la variable independiente o tratamiento y cuál de los grupos recibirá el tratamiento”. (Buendía et al., 1998, p. 101)

Entre los diseños más conocidos para los experimentos cuasiexperimentales se encuentran los del tipo de series temporales, donde se incluye el estudio de un solo grupo y no requiere grupo control, para ello el efecto sobre la “variable dependiente es medida antes y después del tratamiento varias veces, de esta forma el alcance obtenido con el tratamiento va determinado por la diferencia entre las medidas tomadas al grupo antes y después de la intervención al tratamiento”. (Buendía et al., 1998, p. 103)

Por otra parte, algunos aspectos medulares en esta investigación pueden considerar elementos de un diseño no experimental transeccional correlacional-causal en la que se “describen relaciones en función de la causa-efecto del experimento”.

3.2. Fases y etapas de la investigación

En la Tabla 6 se recopila en forma sintetizada las fases y etapas de la investigación que pretende abarcar el estudio por diferentes momentos con el fin de que este responda a la problemática planteada.

Tabla 6. Descripción de los momentos y fases de la investigación experimental.

Momentos	Fases	Etapas
Momento 1	Planteamiento teórico a la problemática propuesta	1. Revisión de investigaciones y/o antecedentes en la temática. 2. Recopilación y revisión de fuentes primarias y secundarias.
Momento 2 (Planificación)	Fase de previa	1. Selección de variables independientes y dependientes para establecer el experimento en las lecciones de laboratorio de física en CCCSR. 2. Delimitación de niveles de las variables para traducción de tratamientos experimentales.
Momento 3 (Acción)	Diseño	1. Selección de muestra al perfil de interés del experimento. 2. Elaboración de la propuesta experimental aplicada al tema de electricidad que mida el efecto sobre la variable dependiente en diseños cuasiexperimentales.
Momento 4 (Observación)	Aplicación	1. Aplicación de propuesta experimental en el tema de electricidad a estudiantes de 11° nivel del CCCSR. 2. Aplicación de instrumentos preprueba y posprueba para la recopilación de datos apropiados que respondan a la hipótesis, objetivos y pregunta de investigación. 3. Sistematización y evaluación de resultados mediante análisis estadístico acorde al diseño experimental.
Momento 5 (Reflexión)	Validación	1. Presentación de resultados y/o conclusiones generadas a partir de la investigación.

Fuente: Adaptado de (Hernández et al., 2014, p 152)

3.3. Descripción del escenario

El trabajo de esta investigación se desarrollará en el cantón de San Ramón, número 2 de la provincia de Alajuela. Esta zona cuenta según censo del 2015 con una estimación de 80 573 habitantes y representa un 2% del territorio nacional, aproximadamente 1115 km². Se ubica a 10° 13' 13" N y 84° 35' 20" O en la zona occidente del país, con 1057 metros sobre nivel del mar; tiene un clima muy

voluble donde su temperatura promedio anual es cercana a los 20°C. (Municipalidad de San Ramón, 2019)

En educación, este cantón cuenta con varias escuelas y colegios tanto públicos como privados, dos universidades privadas y UCR-SO como centro universitario público; lugar donde se encuentra el CCCSR. El estudiantado y los funcionarios administrativos de esta institución se encuentran situados en el pabellón 3 de la sede, cuentan con dos aulas para las lecciones de los estudiantes de décimo y undécimo nivel, un laboratorio de cómputo y un espacio para las oficinas administrativas. De acuerdo con el convenio establecido, esta institución utiliza los laboratorios de biología, física y química de la universidad para el desarrollo de sus lecciones experimentales, propiamente en el laboratorio de física es el espacio donde se obtuvo gran parte de los insumos de esta investigación.

3.4. Población

Esta investigación está enfocada al CCCSR, ubicado en el campus de la UCR-SO y a través de este diseño experimental se pretendió incursionar en nuevas estrategias metodológicas empleadas para los estudiantes en las lecciones de física con laboratorio.

Además, otro aspecto relevante es que establece un primer aporte al SNCCC del todo el país en la enseñanza de la física desde la enseñanza

fundamentada en la experimentación y así potenciar el aprendizaje por medio de procesos empíricos en la educación científica.

Se espera que posteriormente a este proceso de formación los estudiantes puedan comprender la importancia de la experimentación como fundamento de la naturaleza de las ciencias fácticas para formar profesionales expertos en áreas de las ciencias naturales y exactas, de la salud y las ingenierías que contribuyan al desarrollo del país.

3.4.1. Descripción de la muestra

Para la realización del estudio, los participantes fueron los estudiantes de undécimo nivel del Colegio Científico de San Ramón del año 2020 (ver Anexo 1. **Asentimiento Informado para los participantes.**) en total fueron 14 estudiantes conformado por 4 mujeres y 10 hombres con edades entre los 16 y 17 años.

El tema seleccionado para el desarrollo de la investigación fue la unidad de electricidad propuesta en el programa de estudio vigente para el CCCSR en la lección de física con laboratorio.

3.5. Diseño de la propuesta didáctica

Esta propuesta abogó por las necesidades y fortalezas encontradas en la población de undécimo nivel del CCCSR y el sistema educativo general para secundaria del MEP mediante las lecciones de física con laboratorio. La propuesta

se diseñó empleando la estrategia de aprendizaje de indagación (ver Figura 3) en coherencia con lo estipulado por Programa de Educación Diversificada en Física (MEP, 2017), así el estudiante elabora una búsqueda del conocimiento sobre el fenómeno físico de estudio a través procesos que le permitan fomentar habilidades, pensamiento crítico y resolución de problemas con las aplicaciones prácticas, de esta manera la propuesta experimental contempló una sesión previa a la sesión de laboratorio como fase diagnóstica, luego la aplicación experimental y una parte posterior a la sesión de laboratorio que permitiera al estudiantado generar su propia reflexión y crítica sobre su evaluación de los aprendizajes.

Otros aspectos relevantes para considerar son los de formato, ya que este diseño cuenta con elementos novedosos como un apartado de datos generales que tiene vinculado la modalidad de experimentación, objetivo, unidad didáctica, tiempos de ejecución según sea el proceso de aprendizaje y equipos requeridos. Además de forma sistematizada cuenta con un apartado de aspectos conceptuales a fin de que los estudiantes identifiquen de la práctica el tópico o postulado físico, autor o científico destacado, breve definición, ecuaciones, análisis de unidades y ejemplos de aplicaciones relacionados con el fenómeno.

Además, cuenta con elementos de vital importancia como son el acceso directo a plataformas experimentales mediante cualquier dispositivo electrónico a través de códigos QR, una sesión de preparación antes de realizar cada procedimiento, la característica de un complete de espacios con un símbolo (✓)

por instrucciones realizadas durante el experimento, notas e imágenes de ayuda para focalizar más detalladamente algunos conceptos, tablas con información metrológica, cuadros de resultados guiados para el análisis de resultados mediante cálculos, gráficos, razonamientos y bosquejos así como anexos con información técnica de equipos, imágenes y pictogramas de seguridad, constantes físicas, diagramas de circuitos, código de colores y simbologías.

Para las modalidades empleadas en este diseño se consideró los LV y LR, dado que por el COVID-19 no fue posible implementar la modalidad presencial en esta ocasión. Para los LV se consideró las simulaciones del apoyo académico para la Educación Media Superior de la UNAM, México y las simulaciones interactivas de PhET de la Universidad de Colorado puesto que cumplieron adecuadamente las pruebas de medición, cálculo y análisis establecidas para las prácticas de ley de Coulomb y ley de Ohm, además estas simulaciones de acuerdo con (Rosado y Herreros, 2005, p. 2) fueron de fácil acceso, permiten al estudiante "... aprender mediante la prueba y error, así como el autoaprendizaje ya que permite al estudiante alterar las variables" a fin de que este personalizara los experimentos e incurra en nuevos escenarios para su aprendizaje.

Por su parte, para las prácticas de circuitos como serie y paralelo, así como las leyes de Kirchhoff se consideró el uso del Virtual Instruments System in Reality (VISIR), siendo un laboratorio "de acceso remoto desarrollado en el Departamento de Ingeniería Electrónica del Instituto de Tecnología de Blekinge (BTH), en Suecia

desde el año 1999 y puesta en práctica en el 2006” (Arias y Arguedas , 2018, p. 133). Posteriormente se instaló en diferentes universidades en países como España, Austria, EE. UU., India, Portugal, Argentina, entre otros permitiendo distribuirse a lo largo de varios continentes.

En Costa Rica, el VISIR es uno de los primeros laboratorios remotos que se instaló a través del Laboratorio de Experimentación Remota de la UNED, asimismo se dice que este LR tiene “un efecto positivo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes” (Garcia et al., 2020, p. 2) y es un laboratorio que se empleó ya en el CCCSR mediante un experimento donde los estudiantes diseñaron su propio proceso de enseñanza-aprendizaje en el tema de circuitos (Arias y Arguedas, 2018). Por otra parte, este panel de experimentación permite crear situaciones complejas que no suelen ser vistas fácilmente en una simulación aparte de brindarle al estudiante una experiencia muy cercana a la realidad de un laboratorio presencial, ya que no solo la recopilación de información es real e instantánea y con sensibilidad a las incertidumbres y errores asociados a la medición sino que permite al estudiante visualizar los equipos tal y como son en la realidad y crear circuitos de forma análoga a la que se realizaría en un espacio de experimentación real.

3.6. Fuentes de información

Para llevar a cabo este estudio fue primordial antes realizar una construcción bibliográfica a través de consultas en fuentes primarias y secundarias de gran impacto en la temática de análisis.

Se contemplan todas aquellas fuentes que sopesan de forma significativa para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación y preferiblemente relacionados con la temática, para ello se consideraron los siguientes recursos: libros, tesis, artículos relacionados con el tema, informes de estado de la educación, programas de estudio y sitios web autorizados.

3.7. Instrumentos

Para la investigación se elaboraron algunos instrumentos de interés que se describen a continuación:

3.7.1. La prueba conceptual

Para el proceso investigativo fue fundamental la aplicación de una prueba de estabilidad *test* y *retest*, denominada en este caso como pruebas de *preprueba* y *posprueba* donde la medición se aplica en dos momentos distintos al grupo de estudiantes para la cuantificación de análisis estadísticos y factores de ganancia y concentración de aprendizaje. Además se dice que si la “correlación de los

resultados en las pruebas es significativa o altamente positiva, se considera un instrumento confiable” (Hernández et al., 2006, p. 289).

Para esta prueba se consideró el diseño de respuesta de selección única conformada por 20 ítems (ver Anexo 2) los cuales fueron adaptados a partir de pruebas conceptuales validadas como instrumentos de investigación educativa para la enseñanza de la física en el tema de electricidad como el Brief Electricity and Magnetism Assessment (BEMA) de Ruth Chabay y Bruce Sherwood; Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test (DIRECT v1.2) de Paula Engelhardt y Robert Beichner; Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (SCEM) desarrollado por David Maloney, Alan van Heuvelen, Curtis Hieggelke, and Thomas O’Kuma; Electricity and Magnetism Conceptual Assessment (EMCA) de Darren L. Broder, Michele W. McColgan, and Rose A. Finn; Inventory of Basic Conceptions - DC Circuits (IBCDC) de Ibrahim Halloun y el Electric Circuits Conceptual Evaluation (ECCE-v.1) de David Sokoloff (American Association of Physics Teachers [AAPT], 2020).

La prueba fue enfocada a conceptos como la ley de Coulomb, la ley de Ohm, circuito en serie y paralelo, así como las leyes de Kirchhoff. El instrumento fue realizado en la plataforma virtual de Edmodo con un tiempo programado de 60 minutos y configurada para un solo intento. Además, la prueba fue establecida en la asignación del aula virtual con el modo “aleatorizar preguntas”, de forma que para que cada intento los estudiantes visualizaron diferente orden de ítems con el

fin de garantizar una mayor variabilidad y nivel de confianza del instrumento al momento de ser aplicado como preprueba y posprueba.

3.7.2. Encuesta

Este instrumento permite mediante un proceso sistemático obtener información de los sujetos para conocer "... opiniones, actitudes, creencias, intenciones, impactos, distribuciones, actividades, hábitos, condiciones, ingresos, entre otros" (Barrantes, 1999. p. 187).

Por otra parte, (Buendía et al., 1998) señalan que las encuestas del tipo cuestionario recogen información de los sujetos de estudio que permiten al investigador obtener información relevante y concreta sobre la realidad social en la que se desenvuelve la investigación y como a partir de esto, se puede generar datos que contribuyan en los resultados.

Por tanto, para el análisis de estudio se consideró la realización de un breve cuestionario de 14 preguntas (Anexo 3), con 1 pregunta de su edad, 11 de selección múltiple y 2 de respuestas abiertas relacionadas con aspectos generales de satisfacción en cuanto al diseño de las prácticas, las modalidades experimentales, la rúbrica de evaluación, la aplicabilidad al SNCCC y comentarios de opinión general. Para su aplicación se utilizó la plataforma digital de Google Form® y se aplicó a los estudiantes una vez que finalizó la implementación de la propuesta.

3.7.3. Rúbricas

Este instrumento consiste en un “registro evaluativo con criterios o dimensiones que se utiliza para evaluar a través de niveles o gradaciones de calidad y/o tipificando estándares de desempeño” (Cano, 2015, p. 267). La funcionalidad del instrumento, adaptada al diseño que se elaboró permitió al investigador observar el proceso formativo y orientar hacia lo que se espera de un proceso práctico y relevante a través de construcciones de desempeño como las síntesis, reportes o cuaderno de laboratorio. (ver Anexo 4)

3.8. Análisis de datos

El análisis de los datos puede implicar características muy propias en un objeto, muestra o población de estudio, por lo tanto, es relevante considerar que la estadística puede ocuparse de un estudio más general tomando la muestra o población para “aplicar técnicas descriptivas con cálculos numéricos, variabilidad o construcciones de naturaleza gráfica que describan patrones de comportamientos importantes”. A este modelo se le conoce como la estadística descriptiva (Devore, 2008, p. 3).

No obstante, los caminos de información pueden abogar nuevos escenarios donde “los métodos descriptivos son insuficientes, dando paso a métodos más modernos como los estudios de estadística inferencial, donde la probabilidad permite cuantificar la fortaleza o confianza en las conclusiones obtenidas”

(Walpole et al., 2012, p. 4), dichos métodos son destacados porque permiten evaluar incluso la consistencia de los métodos estadísticos descriptivos estimando parámetros, probando hipótesis y distribuciones. Algunas pruebas importantes son las del tipo paramétricas y no paramétricas, es decir, los datos bajo estudio provienen de poblaciones distribuidas normalmente o no, respectivamente.

Sin embargo, existen otros modelos estadísticos como los factores de ganancia y concentración de aprendizaje, estos son instrumentos estadísticos creados para el análisis de ganancias o índices de concentración del aprendizaje a través de diferentes modelos cuantitativos que dan cuenta de la probabilidad en una respuesta o la distribución asociada que se obtiene al aplicar las pruebas conceptuales descritas anteriormente mediante la metodología preprueba y posprueba.

3.8.1. Prueba estadística

Para las herramientas estadísticas enfocada a la prueba de hipótesis debemos considerar la familia de pruebas paramétricas y no paramétricas

Las pruebas paramétricas consisten en pruebas donde se “tratan las desviaciones de normalidad en las muestras, es decir, la distribución tiene procedimientos en modelos poblacionales normales, entonces decimos que trabajaremos con familias paramétricas”. En particular estos métodos contribuyen a la prueba de hipótesis. (Devore, 2008, p. 599)

Es importante destacar que el tipo de pruebas paramétricas no tienen una dependencia directa con el tamaño de muestra, es decir que si el experimento cuenta con una muestra lo suficientemente grande ($n \geq 30$) se dice que:

... la distribución en el caso particular de la t-student no difiere mucho de la estándar, por tanto, solo implicaría que el estimador de la desviación estándar es lo suficientemente bueno respecto a su coeficiente de variación, sin embargo, para muestras pequeñas ($n < 30$) basta considerar la distribución t de forma exacta. (Walpole et al., 2012, p. 247-250)

Particularmente, cuando las distribuciones se presentan con muestras de datos no normales, el tipo de prueba a considerar es no paramétrico (distribución libre), siendo un proceso estadístico eficaz en estas circunstancias particulares. Una de las pruebas más comunes son las pruebas de Wilcoxon, donde se puede utilizar tanto muestras grandes como pequeñas, de forma que “son validados por el nivel real y de confianza según los valores críticos de la prueba para $n < 20$ ” (Walpole et al., 2012, p. 686).

Por tanto, la investigación enfocó el análisis de los datos para la prueba de hipótesis con la familia paramétrica a través de la prueba t, esta fue analizada a través del software Minitab® donde se estableció un valor de confianza del 95%, es decir, un valor de significancia de $\alpha = 0.05$ y con una cola. Para esto se consideró la siguiente hipótesis nula y alternativa como:

H_0 = Los resultados de la posprueba no son mayores a los resultados de la preprueba.

H_a = Los resultados de la posprueba son mayores a los resultados de la preprueba.

No obstante, es relevante destacar que “los diseños cuasiexperimentales también son compatibles con pruebas ANOVA o análisis de tendencias y para su equivalente no paramétrico en caso de no poseer datos con distribuciones normales se podrán considerar las pruebas de Wilcoxon o de signos”. (Buendía et al., 1998, p. 95;103)

3.8.2. Ganancia de Hake

El factor de ganancia fue propuesto por el Richard R Hake en 1998 a través de su investigación Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses (Hake, 1998) sirve como un método estadístico que pretende medir y a la vez “hacer una comparación de la ganancia conceptual desarrollada por los estudiantes alrededor de una propuesta educativa mediante pruebas conceptuales empleadas como preprueba y posprueba” (Becerra, 2018, p. 79).

La ganancia de Hake se define como la razón del aumento que hay al aplicar una preprueba al inicio del tratamiento respecto a una posprueba al final de este, para ello, la ganancia se cuantifica con un criterio establecido por el intervalo de valores [0,1] y se obtiene mediante:

$$g \geq \frac{\text{ganancia actual}}{\text{ganancia posible}} = \frac{\% \text{ posprueba} - \% \text{ preprueba}}{\text{nota máxima} - \% \text{ preprueba}} \quad (1).$$

$$\Rightarrow g = \frac{\% \text{ posprueba} - \% \text{ preprueba}}{100 - \% \text{ preprueba}} \quad (2).$$

Donde la prueba conceptual aplicada a los estudiantes del CCCSR registró una nota máxima de 100, observe la ecuación (2). Por su parte, la ganancia normalizada de Hake y su estructura se define como:

$$g_{\text{normalizada}} = \frac{\theta_{\text{posterior}} - \theta_{\text{previo}}}{1 - \theta_{\text{previo}}} \quad (3).$$

Con un parámetro establecido para θ_{previo} y $\theta_{\text{posterior}}$ como $\frac{\text{número de respuestas en el previo}}{N*M}$ y $\frac{\text{número de respuestas en el posterior}}{N*M}$ respectivamente, donde N se define como el número de estudiantes y M como el número de preguntas de la prueba.

(Hake, 1998) estableció que la ganancia obtenida en los resultados se mide a partir de tres rangos de medida de la ganancia de aprendizaje establecidos como:

- Zona de ganancia alta: si el factor de Hake cumple con $g \geq 0.7$
- Zona de ganancia media: si el factor de Hake cumple con $0.3 \leq g < 0.7$
- Zona de ganancia baja: si el factor de Hake cumple con $g < 0.3$

Siendo un nivel de ganancia alto, el hecho de que el estudiante pudo comprender el concepto estudiado una vez que se implementó alguna propuesta didáctica. Por lo que al analizar el factor de Hake, se entiende que una correlación baja refleja un cambio deficiente mientras que la correlación de un factor alto garantiza un cambio conceptual excelente.

3.8.3. Factor de concentración

Este factor es un “modelo estadístico que permite determinar la concentración de análisis” (Becerra, 2018, p. 83) de la distribución generada a partir de los resultados generados en la prueba conceptual antes y después a la propuesta de análisis a fin de establecer los perfiles conceptuales en los estudiantes.

Para este factor, (Bao y Redish, 2001) realizaron un ejemplo con 100 estudiantes en la que se consideró un examen de selección de respuesta única y se relacionó la siguiente distribución de posibles respuestas vistas en la Tabla 7.

Tabla 7. Distribución de respuestas para una pregunta.

Tipo de distribución para pregunta del examen	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Opción E
I	20	20	20	20	20
II	50	10	30	5	5
III	100	0	0	0	0

Fuente: (Bao y Redish, 2001. p. 2)

Con esta distribución, (Becerra, 2018) señala que:

... el tipo I representa una respuesta que es distribuida de igual manera, se dice entonces que las respuestas fueron elegidas al azar, pero si observa el tipo II se da la elección de una respuesta dominante, donde no necesariamente es la correcta y el resto se distribuye en las demás respuestas. Por último, se tiene el caso del tipo III donde los estudiantes seleccionan el 100 % una respuesta, lo que demuestra una clara

concentración sobre esa opción, sin embargo, esa respuesta no necesariamente debe ser la correcta. (p. 84)

Por tanto, el factor de concentración de (Bao y Redish, 2001) mide su distribución en un factor normalizado cuyos valores se extienden desde [0,1] con un 0 para un factor de concentración bajo y 1 para un máximo posible de respuesta en el factor, por tanto, los patrones de respuestas oscilarán dentro de este rango y con ello se estableció los patrones de respuesta L, M y H que significan bajo, medio y alto por sus siglas en inglés (Low, Medium y High), de tal forma que al combinar el factor de concentración y las puntuaciones obtenidas se establece una medida para el desempeño de los estudiantes bajo los siguientes niveles LL, LH, MM, LM, MH y HH que funcionan a partir de los resultados generados por la preprueba y posprueba. En la Tabla 8. se categorizaron los niveles de respuesta en función de un estilo y sus implicaciones.

Tabla 8. Combinación de la concentración y la puntuación para establecer los modelos del factor de concentración.

Estilo	Nivel	Implicaciones de la puntuación y la concentración
Un modelo	HH	Un modelo correcto
	LH	Un dominante modelo incorrecto
Dos modelos	MM	Dos modelos populares, uno correcto y otro incorrecto
	LM	Dos posibles modelos incorrectos
Sin modelo	LL	Situación aleatoria

Fuente: (Becerra, 2018. p. 87)

Para obtener los niveles descritos en la Tabla 8., se debe cuantificar en el rango de valores establecido de [0,1] el promedio de los porcentajes de respuestas correctas en cada pregunta y el factor de concentración, para esto considere que si el factor de concentración es $C = 1$ se dice entonces que la respuesta elegida por los estudiantes es la misma, y que si $C = 0$ se tiene una respuesta aleatoria, es decir fue al azar. En la Tabla 9. se establece la escala que delimita cada nivel y, por ende, a partir de esta codificación se obtiene el modelo que se desea analizar.

Tabla 9. Codificación de escala en la puntuación y la concentración para establecer el nivel del patrón de respuesta.

Puntuación	Factor de concentración	Nivel
$0 - \leq 0.4$	$0 - < 0.2$	L
$0.4 < 0.7$	$0.2 < 0.5$	M
$0.7 - 1$	$0.5 - 1$	H

Fuente: (Bao & Redish, 2001. p. 4)

Para obtener el factor de concentración como función de la puntuación de aciertos en una respuesta (Bao y Redish, 2001), determinaron la siguiente expresión matemática:

$$C(P) = \left(\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m} - 1} \right) \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (n_i)^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (4).$$

Se tiene que m es el número de opciones en las respuestas, N el número de estudiantes y los n_i representan el número de estudiantes que escogieron la

opción i . Se define que el número mínimo de opciones de respuestas válidas para el factor de concentración como $m = 2$, lo que define la restricción de $N > m$ para que no se indetermina la ecuación.

(Bao y Redish, 2001) establecieron una condición de frontera máxima y mínima que se obtiene mediante las ecuaciones (5) y (6), de forma que las regiones de interés de las distribuciones se representarían mediante un gráfico de concentración en función de la puntuación, donde el objeto de interés estaría dentro de las curvas delimitadas por las fronteras. En la Figura 5 se representa la estructura general para analizar los niveles de respuestas y los modelos conceptuales de concentración establecidos por este método.

$$C_{\text{mínimo}}(P) = \left(\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m} - 1} \right) \left(\frac{\sqrt{(N - P)^2 + P^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (5).$$

$$C_{\text{máximo}}(P) = \left(\frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m} - 1} \right) \left(\frac{\sqrt{(m - 1) \left(\frac{N - P}{m - 1} \right)^2 + P^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (6).$$

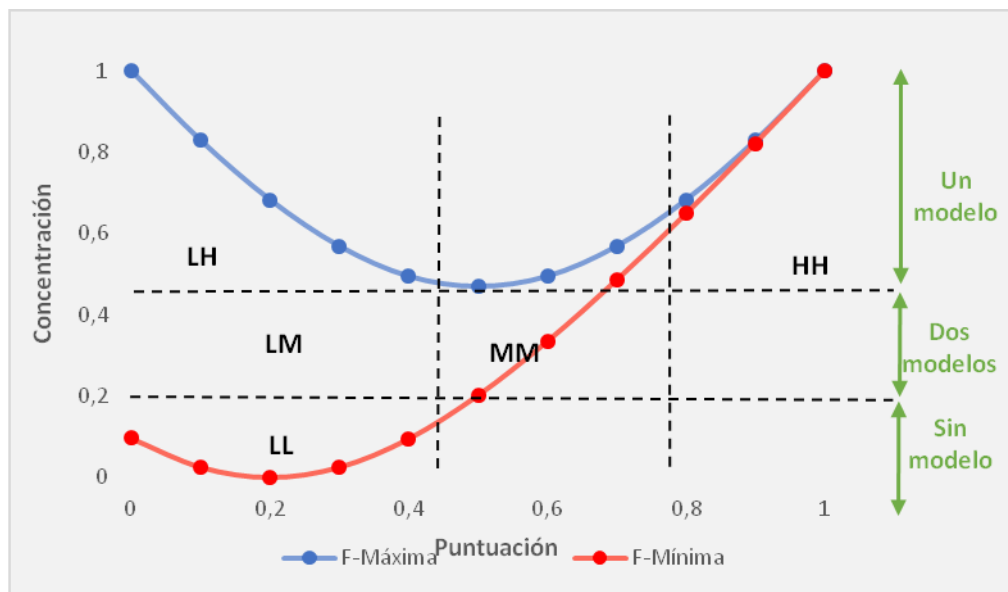


Figura 5. Regiones permitidas del factor de concentración para establecer los patrones de respuesta y el modelo implicado.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Por último, este factor “permitirá encontrar ideas y concepciones previas de los estudiantes” (Becerra, 2018, p. 90) en cuanto a la preprueba y posteriormente a través de la posprueba se vinculará la efectividad de la propuesta en estudio evaluando directamente los fenómenos físicos abordados.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos con su respectivo análisis como producto de la investigación. La presentación de estos se ha distribuido de la siguiente manera: un análisis de la propuesta didáctica con los resultados aplicados a la muestra y posteriormente un análisis de resultados por contenidos del eje disciplinar que se abordó en la unidad de electricidad, siendo estos: la ley de Coulomb, ley de Ohm, circuito en serie y paralelo y las leyes de Kirchhoff. Para medir el impacto de la propuesta con los estudiantes o los contenidos planteados se consideró los siguientes modelos e instrumento:

- La prueba t como prueba de hipótesis para el rechazo de la hipótesis nula.
- El factor de Hake para medir el nivel de ganancia de aprendizaje en la muestra y los contenidos del tópico mediante la prueba conceptual previo a la propuesta y posterior a ello.
- El factor de concentración para establecer los modelos de pensamiento en los estudiantes.

Además, se incorporó el análisis de una encuesta como método transeccional correlacional-causal para observar aspectos relevantes que se presentaron durante el desarrollo de la investigación.

4.1. Análisis general de la propuesta didáctica con los resultados aplicados a la muestra

Para analizar los resultados generales obtenidos con la muestra, primeramente, se destaca el producto obtenido en la presente investigación, para esto acceda al siguiente enlace <https://bit.ly/2TnpZ6N> donde encontrará el diseño de la propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad de electricidad para los estudiantes de undécimo nivel del CCCSR.

Posteriormente para los resultados sobre la muestra, cabe mencionar que el ítem 13 de la prueba conceptual tanto como preprueba y posprueba se eliminó del análisis, dado que en el sistema del aula virtual de Edmodo no se registró la respuesta correcta, con esto se tabularon todos los resultados sin contemplar dicho ítem. A continuación, se presenta el análisis detallado de los resultados obtenidos.

4.1.1. Análisis de estadísticos descriptivos y prueba de hipótesis

En la Tabla 10 se presenta algunos resultados de estadísticos descriptivos de la preprueba y posprueba que aplicaron los estudiantes del CCCSR, observe que se reflejó un aumento de 27,82 puntos sobre la media de una prueba a otra, dado que la media para la posprueba mejoró con una nota de 80,08 puntos, esto implicó una menor desviación estándar de 7,490 en comparación a la preprueba

con 15,92, es decir, para la preprueba se tuvo una mayor dispersión de los datos sobre la media.

Otro aspecto notorio de estos datos es la representación que se da sobre los cuartiles, para el primer cuartil la preprueba tuvo 42,11%, esto significó una menor concentración y por ende una mayor distribución de los resultados de las notas en los estudiantes mientras que caso contrario se da con la prueba posterior, donde se da claramente una concentración de los resultados de las notas tanto sobre el primer cuartil con 72,37 % y el tercer cuartil con 84,21 %, este último cuartil es donde se registró las mejores notas de la prueba y se puede relacionar con el valor de la mediana obtenido. Con estos estadísticos descriptivos se presenta un primer escenario de cómo los estudiantes comprendieron mejor lo que debían realizar una vez que se implementó la propuesta didáctica.

Tabla 10. Resultados de estadísticos descriptivos de la preprueba y posprueba aplicada a los estudiantes de 11° de CCCSR.

Variable	Muestra (N)	Nota Promedio (\bar{x})	Error estándar del promedio ($\sigma_{\bar{x}}$)	Desviación estándar (σ)	Nota Mínima	Primer Cuartil (Q ₁)	Mediana	Tercer Cuartil (Q ₃)	Nota Máxima
Preprueba	14	52,26	4,250	15,92	21,05	42,11	55,26	63,16	73,68
Posprueba	14	80,08	2,000	7,490	68,42	72,37	84,21	84,21	89,47

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para la prueba de hipótesis, una vez verificado el ajuste de distribución de normalidad a los datos (ver Anexo 5) se dispuso a usar la prueba paramétrica prueba t, la Tabla 11 resume los resultados obtenidos con esta prueba.

Tabla 11. Análisis de la prueba t aplicada a los resultados de la preprueba y posprueba con los estudiantes de 11° de CCCSR.

Diferencia	Valor T	GL	Valor p
-27,82	-5,92	18	0,001
H ₀ = Los resultados de la posprueba no son mayores a los resultados en la preprueba, p=0,05			

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La prueba t presentó un valor $p = 0,001$ donde se tiene que $p < \alpha$, con esto se concluye un rechazo a la hipótesis nula y se establece como válida la hipótesis alternativa que demuestra como los resultados de la media en la posprueba son mayores a los resultados de la preprueba, tal y como se aprecia en la Figura 6. Una vez más se establece que el aprendizaje al implementar la propuesta didáctica con los estudiantes del CCCSR en la unidad de electricidad presenta resultados efectivos.

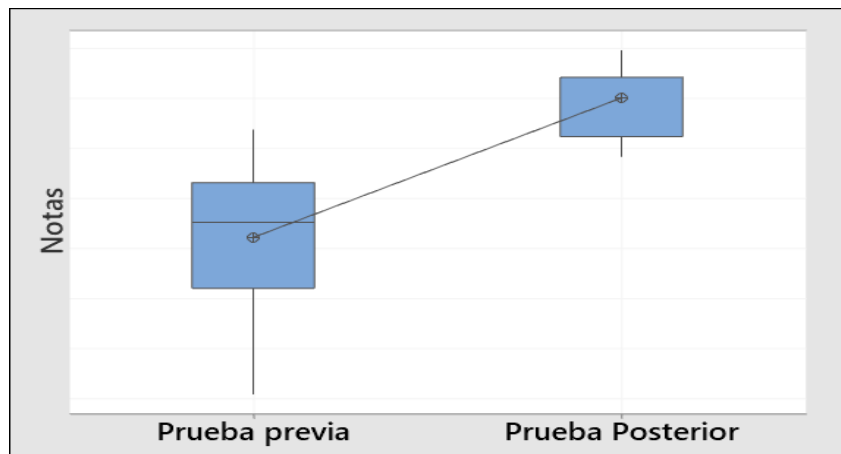


Figura 6. Representación gráfica de cajas para los resultados obtenidos en la preprueba y posprueba con los estudiantes de 11° del CCCSR.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.1.2. Análisis general del factor Hake

Para mediar el factor de ganancia conceptual de Hake sobre la muestra, considere la Tabla 12 donde se presentan los resultados generales de la prueba aplicados a los estudiantes de forma previa y posterior a la propuesta didáctica.

Tabla 12. Resultados de preprueba y posprueba para medir el factor de Hake.

Estudiante	Nota de preprueba	Nota de posprueba	Factor Hake	Zona de aprendizaje
1	58	84	0,6	Mediana
2	53	84	0,7	Mediana
3	21	79	0,7	Mediana
4	26	68	0,6	Mediana
5	53	89	0,8	Alta
6	63	79	0,4	Mediana
7	42	84	0,7	Mediana
8	42	68	0,5	Mediana
9	58	68	0,3	Mediana
10	42	89	0,8	Alta
11	63	84	0,6	Mediana
12	74	84	0,4	Mediana
13	63	84	0,6	Mediana
14	74	74	0,0	No influyó

Fuente: Elaboración propia, 2020.

De acuerdo con (Hake, 1998) este modelo estadístico busca medir el nivel de ganancia de aprendizaje y analizar si el trabajo de la propuesta didáctica empleada fue efectiva, para esto se puede destacar como el factor Hake fue positivo en todos los casos, dado que de acuerdo con la Figura 7 se evidencia mayores resultados de las notas de la posprueba en cada uno de los estudiantes en comparación a la preprueba a excepción del estudiante 14 donde en ambas

pruebas tuvo una nota de 74 puntos, esto evidenció que para el factor no se tiene un nivel de ganancia, dado que su nota no cambió, sin embargo, este resultado es favorable porque mantiene una nota aceptable sobre el mínimo esperado 70 puntos. Algunos casos como los estudiantes 6, 8 y 9 mostraron poco avance en los resultados de su prueba, no obstante, su nivel de ganancia sigue siendo favorable para el factor Hake, ya que se consolidó en una zona de nivel medio, aspecto positivo para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

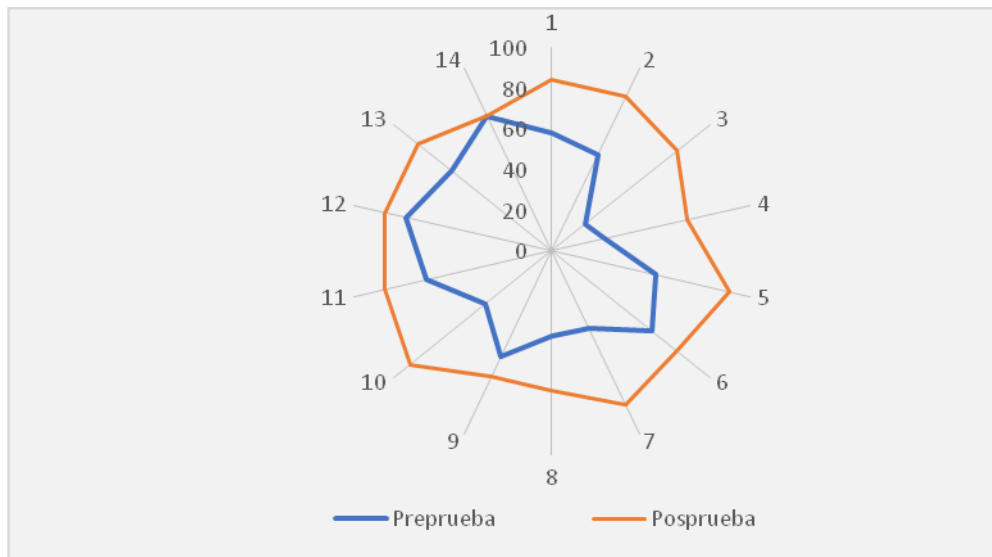


Figura 7. Resultados de la nota en la preprueba y posprueba para cada uno de los estudiantes.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para medir el impacto de la propuesta didáctica empleada en la unidad de electricidad con los estudiantes del CCCSR, en la Tabla 13. se registra los resultados de la muestra seleccionada con el factor de Hake y el factor de Hake normalizado.

Tabla 13. Ganancias de Hake aplicada a toda la muestra con la preprueba y posprueba.

Nota promedio de preprueba	Nota promedio de posprueba	Factor de Hake	Factor de Hake normalizado
52,3	80,1	0,583	0,619

Fuente: Elaboración propia. 2020

Tanto el factor Hake estándar como el normalizado evidencian una ganancia media con valores estimados de 0,6 muy cercanos al valor límite del nivel de ganancia alta, por lo que según (Hake, 1998) se afirma entonces que el empleo del tratamiento educativo en este caso la propuesta experimental en la unidad de electricidad aplicada en el CCCSR no alcanzó de manera efectiva un nivel alto sobre la ganancia relativa de aprendizaje en los estudiantes pero aun así se tiene que su aporte es considerable y significativo para el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir se tiene una medida válida de la efectividad respecto a la comprensión de los conceptos físicos analizados, puesto que el enfoque sigue siendo mejor que el proceso inicial de un curso sin el tratamiento analizado (Dellwo, 2010).

4.1.3. Análisis del factor de concentración

Por otra parte, para analizar el factor expuesto por (Bao y Redish, 2001) en la Tabla 14 se detallan los resultados generados por la preprueba y posprueba a fin de identificar el patrón de concentración de aprendizaje sobre los contenidos que abordaron una vez que se implementó la propuesta didáctica. De esta forma a

través de este factor de concentración se puede evaluar la comprensión conceptual y resolución de problemas que tuvieron los estudiantes con la unidad de electricidad. Asimismo, note como la tendencia general de la muestra fue significativa, con tres importantes cambios a excelente, lo que representa pasar de una implicación de respuesta aleatoria, es decir no hay un modelo de aprendizaje sobre el ítem a un modelo de respuesta correcta, siendo este el cambio más significativo que se puede presentar con este modelo estadístico.

Luego, otros importantes hechos fueron los cinco que se mantuvieron en nivel alto, dejando claramente evidencia de la permanencia sobre el modelo correcto y los seis en nivel bueno que establecen como se avanzó de dos modelos, donde no se tiene claro si es o no el acierto sobre la respuesta correcta hacia un modelo de respuesta correcta. Los demás cambios se presentaron en menor cantidad, dos que se mantuvieron en medio, dos moderados y un adecuado, si bien son cambios no tan marcados aún siguen representando un aumento en el patrón de nivel.

Tabla 14. Resultados del cambio en los modelos del factor de concentración después de aplicar la propuesta didáctica

Número de pregunta	Nivel de preprueba	Nivel de posprueba	Cambio
1	HH	HH	Igual en alto
2	HH	HH	Igual en alto
3	HH	HH	Igual en alto
4	LL	HH	Excelente
5	LL	HH	Excelente
6	LL	LM	Moderado
7	HH	HH	Igual en alto
8	MM	MM	Igual en medio
9	ML	MM	Moderado
10	LL	MM	Adecuado
11	MM	HH	Bueno
12	ML	HH	Bueno
14	LL	HH	Excelente
15	MM	HH	Bueno
16	MM	HH	Bueno
17	MM	HH	Bueno
18	MM	HH	Bueno
19	MM	MM	Igual en medio
20	LM	LH	Moderado

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Además, si establecemos una relación del impacto que tuvo la prueba de forma previa a la posterior, en la Figura 8 presenta un claro desplazamiento de los puntos correspondientes a la preprueba (puntos de dispersión amarillos) de una zona sin modelo o de dos modelos hacia la zona de un modelo para los resultados de la posprueba (puntos de dispersión verde).

Es decir, la prueba previa destacó una mayor concentración sobre la implicación de dos modelos, primero con uno conocido popularmente ya que se

establece un patrón de acierto hacia una respuesta correcta o incorrecta (nivel MM) con un 36,8 % y otro patrón de respuesta que se acerca a la relación de tener dos modelos de respuesta incorrecta (LM) con un 15,8 % y un 26,3 % de un modelo aleatorio sin respuesta, es decir, apenas se tuvo un 21,1 % del modelo de respuesta correcta (nivel HH).

Por su parte, la posprueba evidencia un claro desplazamiento de los puntos verdes sobre el plano hacia la zona de un modelo correcto (HH) con un 73,7 % y un 26,3 % para la implicación de dos modelos, pero mayormente en el nivel (MM) descrito anteriormente. Con ello, se entiende que este modelo de concentración sobre el aprendizaje mediado a través de la metodología impuesta en la propuesta didáctica es valioso y contribuye al proceso académico del CCCSR, esto porque el “diferencial semántico nos mostró aspectos importantes de cómo los estudiantes perciben el aprendizaje” (Kane et al., 2016, p.6).

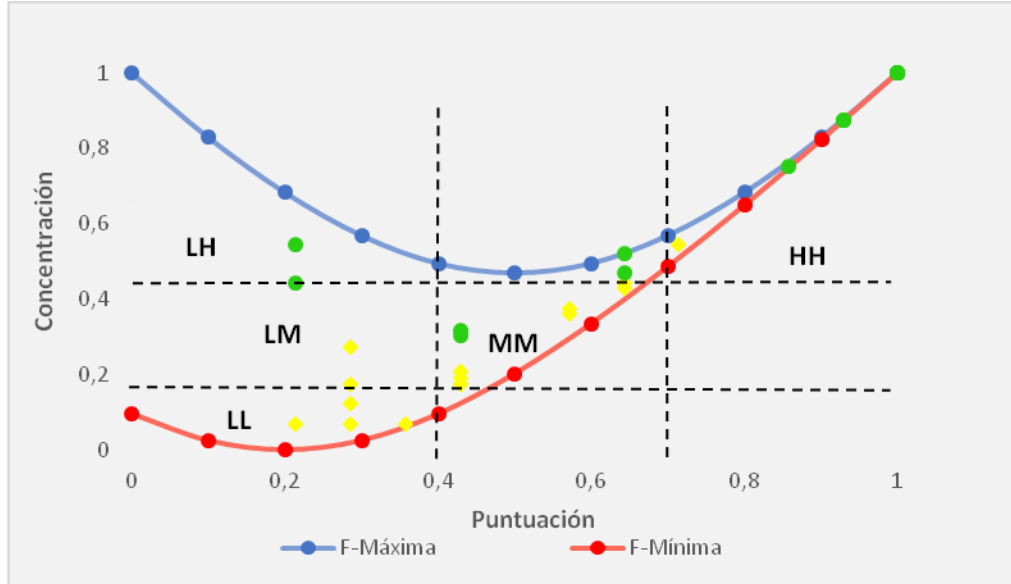


Figura 8. Resultados generales del factor de concentración en función de la puntuación para los estudiantes del CCCSR al aplicar la preprueba y posprueba.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.2. Análisis para el contenido la ley de Coulomb

Para este primer fenómeno físico de la unidad de electricidad se consideró los ítems 1, 2, 3, 7 y 10 del Anexo 2. En la Tabla 15 se presenta el factor de (Hake, 1998) para medir la ganancia promedio de los ítems del contenido y el normalizado, se pudo constatar que tanto el factor de Hake promedio de los ítems así como el normalizado se encuentran en una zona de ganancia media pero con un acercamiento importante a la zona de ganancia alta, es decir, se infiere que los estudiantes para la ley de Coulomb presentaron una ganancia de aprendizaje aceptable, ya que de acuerdo con (Hake, 1998) se presenta una medida efectiva en comparación a la lección inicial de esta clase sin la intervención del tratamiento educativo.

Tabla 15. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia hake para los ítems relacionados con la ley de Coulomb.

Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba previa	Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba posterior	Factor Hake promedio de los ítems	Factor Hake normalizado
3,94	4,62	0,50	0,68

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Por otra parte, al aplicar el modelo del factor de concentración de (Bao & Redish, 2001) por ítem se destaca un modelo de aprendizaje más focalizado sobre el contenido, en la Figura 9, Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13 se muestra la tendencia vectorial que tuvo cada uno de estos ítems una vez que se aplicó la preprueba y posprueba.

Para la pregunta 1, su resultado no infiere directamente, ya que los estudiantes presentaron el acierto sobre el modelo correcto en todo momento, esto quiere decir que en ambas pruebas su respuesta fue correcta para todos los estudiantes, en la Figura 9 la puntuación se concentra solo en un punto en el plano. Al analizar el contenido de la pregunta en el Anexo 2, vemos que se pretendió que el estudiante reflexionara sobre el principio de la fuerza eléctrica al tener dos cargas de igual signo y luego una de ellas se aumentara carga cuatro veces más que al inicio, con esto se tiene por resultado que la fuerza eléctrica sobre la carga Q^+ ejerce una fuerza de cuatro veces su fuerza inicial de acuerdo con la ley de Coulomb, descripción que fue bien analizada por los estudiantes al inicio y final de la prueba.

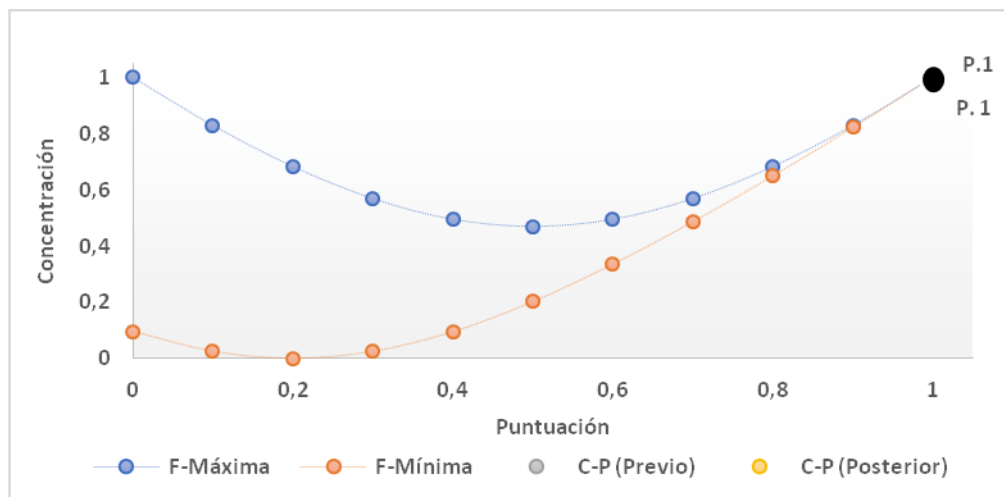


Figura 9. Gráfico de la pregunta 1 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para los planteamientos del ítem 2 y 3, se consideró la misma situación descrita anteriormente, pero esta vez se cuestionó cuál fue la magnitud de la fuerza sobre la carga $4Q+$ y además que pasaría si se aumentaba la distancia de separación tres veces más respecto al inicio. De acuerdo a los resultados obtenidos, el desplazamiento vectorial mostrado en el gráfico de la Figura 10 y Figura 11 fue de carácter creciente hacia la dirección de un modelo correcto, es decir, se establece una mejor comprensión del postulado físico de la ley de Coulomb al considerar que en la posprueba el ítem 2 llegó al criterio excelente con un 100 % de acierto y para el ítem 3 un acierto de 92,3 %, lo que representa un valor muy cercano del acierto perfecto, es decir, para ambas respuestas establecidas se tiene un modelo correcto de respuesta (nivel HH).

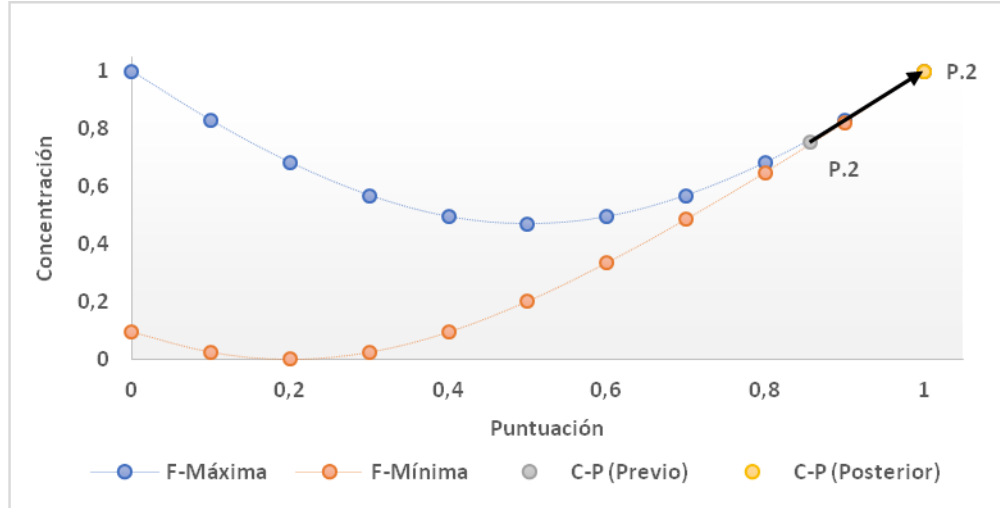


Figura 10. gráfico de la pregunta 2 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

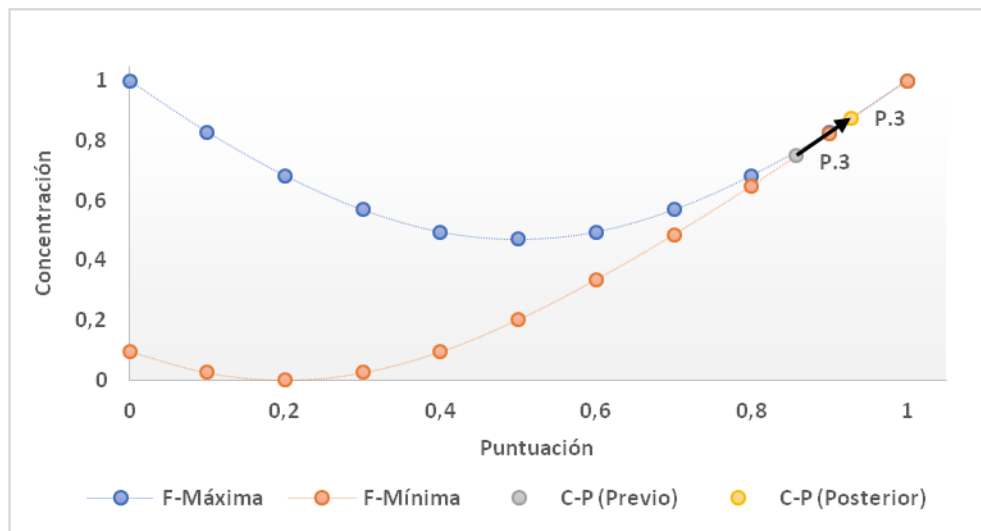


Figura 11. Gráfico de la pregunta 3 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el caso de la Figura 12 se presentó la respuesta con mejor proyección en el modelo del factor de concentración para el contenido de la ley de Coulomb, ya que se tiene una mayor magnitud del vector en el plano con una dirección al

modelo de respuesta correcta. El ítem planteado pretendía que el estudiante reflexionara sobre la consecuencia de alterar un equilibrio de cargas en un plano cartesiano una vez que se le condicionase una nueva carga en una posición específica, de forma que este vinculara la relación directa que se tendría sobre el vector de fuerza. Con los resultados del gráfico se evidencia un claro aprendizaje al establecer el acierto en las respuestas del ítem con un 100% de aprobación en la posprueba.

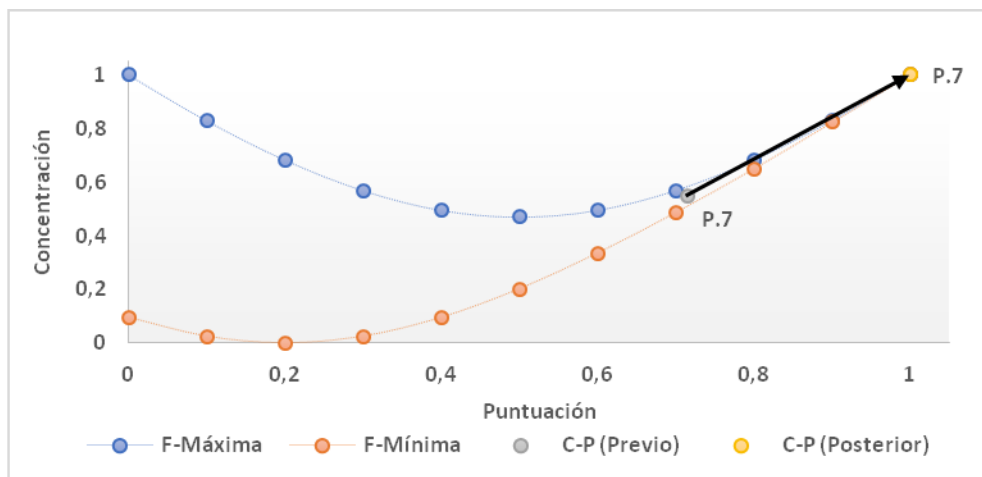


Figura 12. Gráfico de la pregunta 7 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El último ítem planteado para el contenido en la prueba evidencia un importante avance en el modelo de pensamiento de los estudiantes, ya que se pasó de una respuesta dispersa sin mucho sentido a un modelo que se acercó a la respuesta correcta.

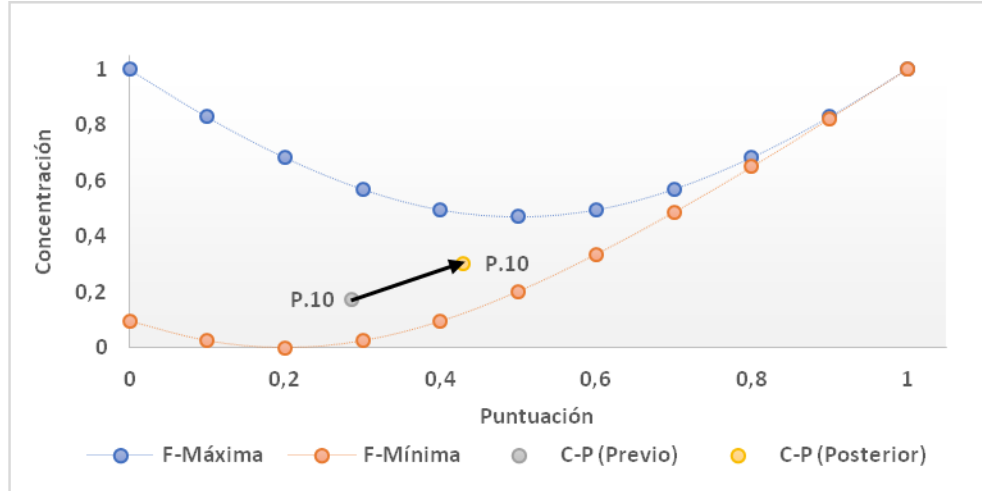


Figura 13. Gráfico de la pregunta 10 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Coulomb.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.3. Análisis para el contenido la ley de Ohm

Para el postulado de la ley de Ohm, las preguntas que se asociaron a la prueba fueron los ítems 4, 5, 8, 9 y 11 en los que se relacionó la resistencia, corriente y potencial eléctrico representado mayormente bajo diagramas de circuitos.

Los resultados obtenidos por el factor de Hake promedio y normalizados para este contenido representan un nivel de ganancia media, con un valor muy cercano a la frontera de nivel alto, similar a la condición obtenida en el contenido de la ley de Coulomb, esto por un aumento significativo en el porcentaje de la nota promedio obtenida en los ítems de la prueba posterior, tal y como se aprecia en la Tabla 16. De esta forma, se establece una correlación efectiva del factor sobre el

contenido de la ley de Ohm al delimitar una ganancia conceptual relevante en el aprendizaje de los estudiantes con la implementación de la propuesta.

Tabla 16. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia Hake para los ítems relacionados con la ley de Ohm.

Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba previa	Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba posterior	Factor Hake promedio de los ítems	Factor Hake normalizado
2,56	4,16	0,59	0,61

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el análisis del factor de concentración, los modelos que se presentan detallan que el resultado de la propuesta fue destacado, ya que se representa grandes magnitudes vectoriales sobre el plano de los gráficos de las preguntas 4, 5 y 11 (Figura 14, Figura 15 y Figura 18) mayormente y en menor escala las preguntas 9 y 8 (Figura 17 y Figura 16) respectivamente. Con esto se relaciona como el proceso de enseñanza y aprendizaje con los estudiantes del CCCSR en este tópico de la unidad de electricidad demuestra un óptimo diseño de la propuesta empleada.

Además, la implicación de esta magnitud vectorial creciente es que el diferencial semántico en el modelo del pensamiento sobre los estudiantes en las figuras Figura 14, Figura 15 y Figura 18 significó cambiar de un patrón sin modelo, donde no se tenía claridad del concepto a la región de un modelo correcto, donde su acierto es el requerido y justifica lo que el fenómeno físico argumenta.

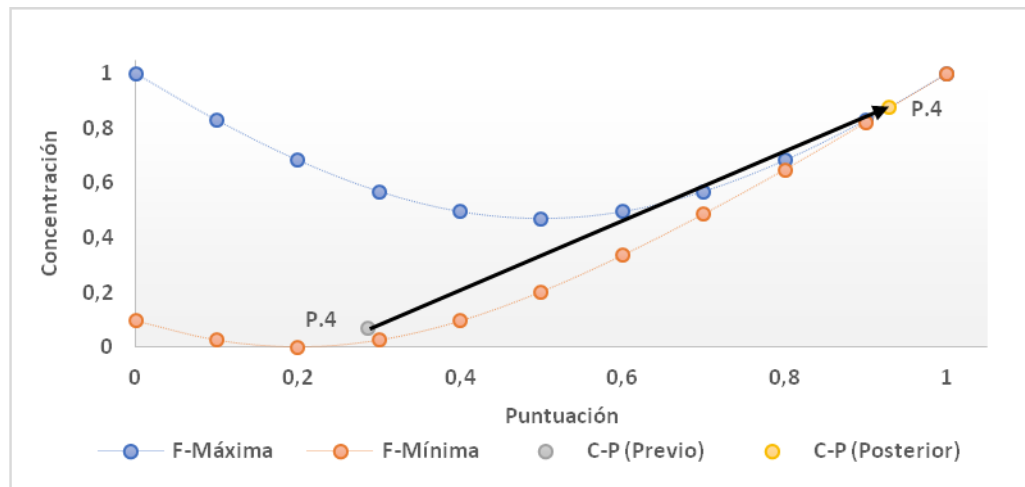


Figura 14. Gráfico de la pregunta 4 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

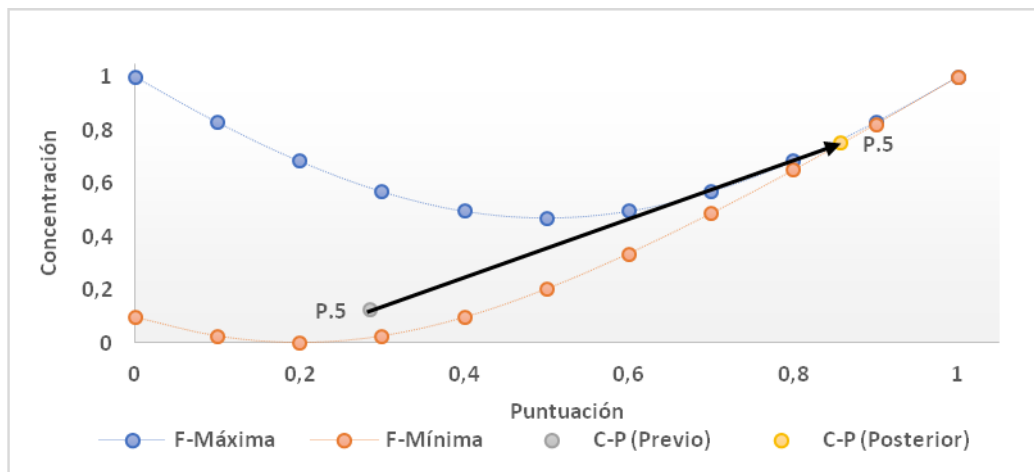


Figura 15. Gráfico de la pregunta 5 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

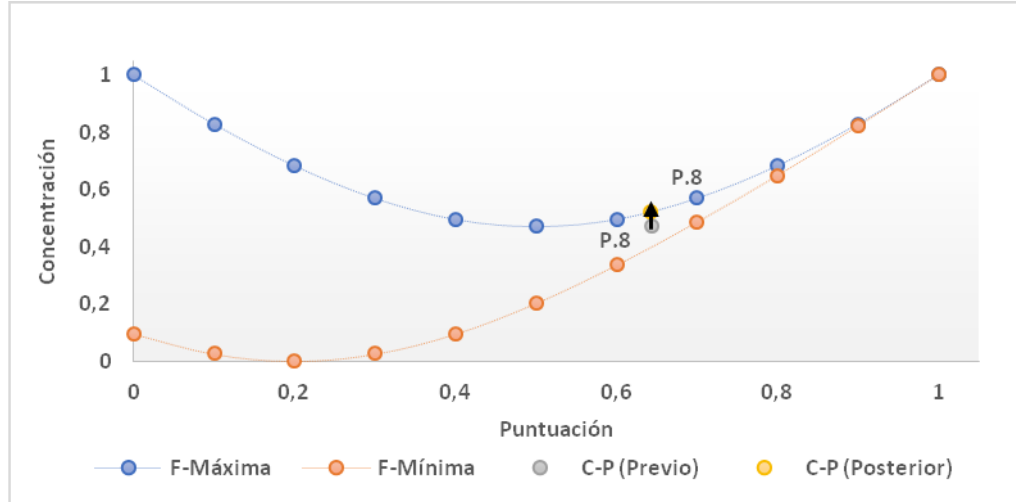


Figura 16. Gráfico de la pregunta 8 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

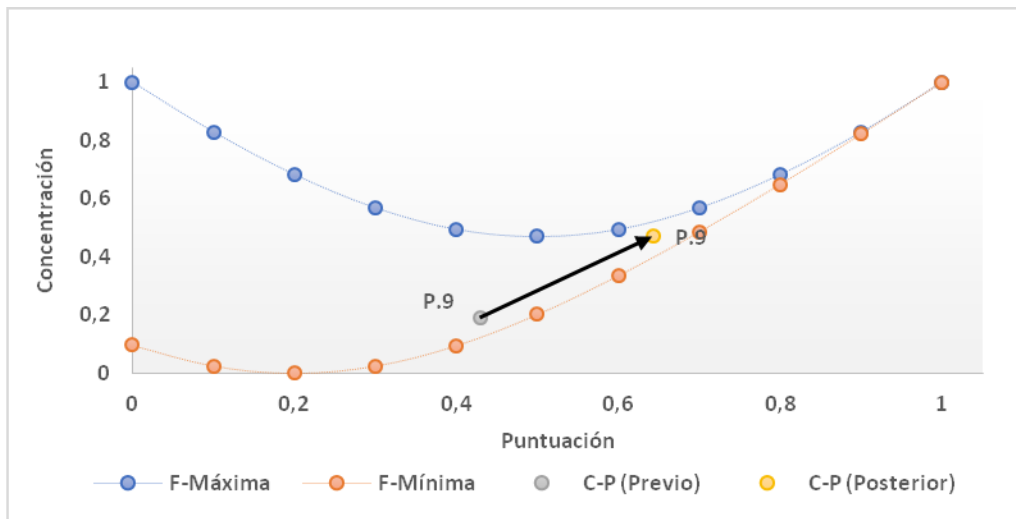


Figura 17. Gráfico de la pregunta 9 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

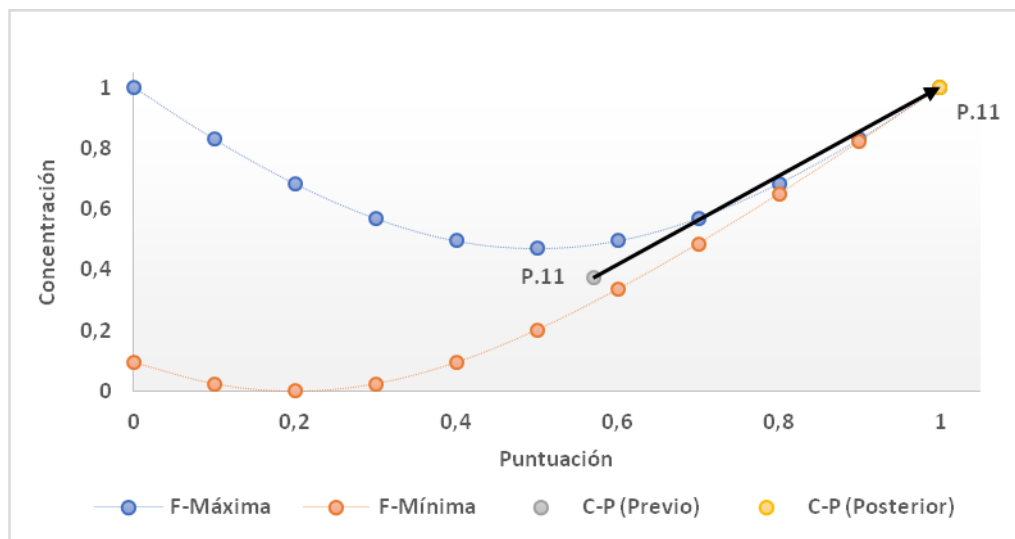


Figura 18. Gráfico de la pregunta 11 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para la ley de Ohm.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.4. Análisis para el contenido circuito en serie y paralelo

El concepto relacionado de los circuitos en serie y paralelo se asoció a los ítems 6, 12, 13, 14, 15 y 20. Sin embargo, como se mencionó al inicio del capítulo, el ítem 13 fue descartado del análisis porque no se registró la respuesta correcta en el aula virtual.

Al analizar los resultados obtenidos de la Tabla 17 se concluye que la ganancia obtenida por medio del factor de ganancia conceptual Hake se establece como zona media, es decir, que el planteamiento desarrollado con los circuitos en serie y paralelo fueron relevantes en el proceso de enseñanza con la propuesta experimental implementada.

Tabla 17. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia Hake para los ítems relacionados con circuito en serie y paralelo.

Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba previa	Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba posterior	Factor Hake promedio de los ítems	Factor Hake normalizado
2,28	4,16	0,62	0,58

Fuente: Elaboración propia, 2020.

De igual forma, con los resultados obtenidos en el factor de concentración, se establece que el modelo de pensamiento con el tema de los circuitos en configuración serie y paralelo fueron destacados, principalmente en los gráficos de la Figura 20, Figura 21 y Figura 22 donde se evidencia una importante magnitud sobre el vector en cada plano, ello establece que el modelo de pensamiento de los estudiantes sobre cada uno de estos ítems fue efectivo con el concepto del tópico analizado.

Para el caso del ítem 6 de la Figura 19, se tiene que el factor pasó de una implicación sin modelo con respuestas aleatoria LL a una de dos modelos incorrectos LM, quiere decir que apenas se tiene un cambio moderado, ya que el acierto de las respuestas con esta pregunta en la preprueba fue más disperso, pero en la posprueba se concentró más, aunque en ambos casos el acierto sobre la respuesta correcta se mantuvo con el 21,4 %.

En este ítem se esperaba que se hiciera el acomodo de cinco bombillos de igual resistencia del menos al más brillante, una vez que estos se distribuyeran en

tres circuitos diferentes (1 bombillo para circuito sencillo, 2 bombillos para circuito en serie y 2 bombillos para circuito en paralelo) con igual potencial eléctrico en cada batería, ello implicaría que el bombillo del circuito sencillo y los dos en paralelo fueron iguales y que el caso del serie, los dos bombillos fueran igual de brillantes entre ellos pero menores a los demás bombillos por la construcción de la configuración del circuito, donde el circuito en paralelo mantiene el mismo potencial eléctrico en cada bombillo y el circuito en serie disminuye al distribuirse en cada bombillo. Los resultados reflejan que los estudiantes no asociaron el circuito sencillo con ninguna configuración y confundieron la idea del orden al hacer el acomodo de forma contraria, es decir, del más brillante al menos brillante, por ello, su acierto no se relacionó como se esperaba con una parte de las respuestas de los estudiantes.

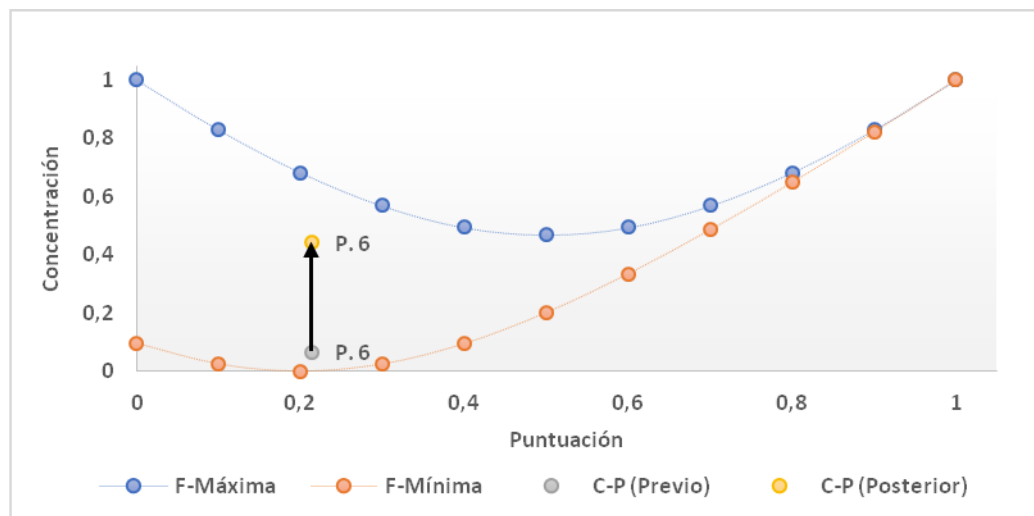


Figura 19. Gráfico de la pregunta 6 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

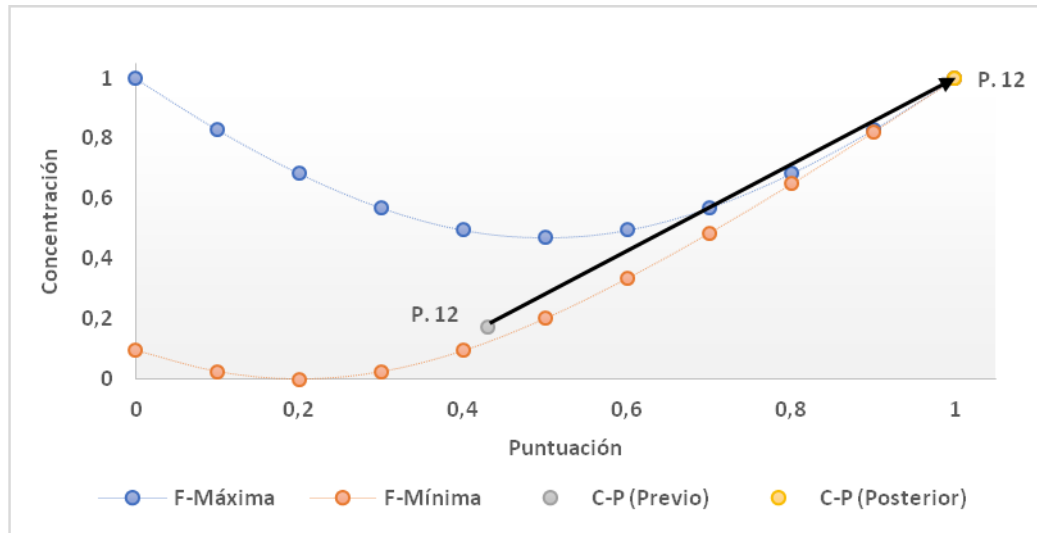


Figura 20. Gráfico de la pregunta 12 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

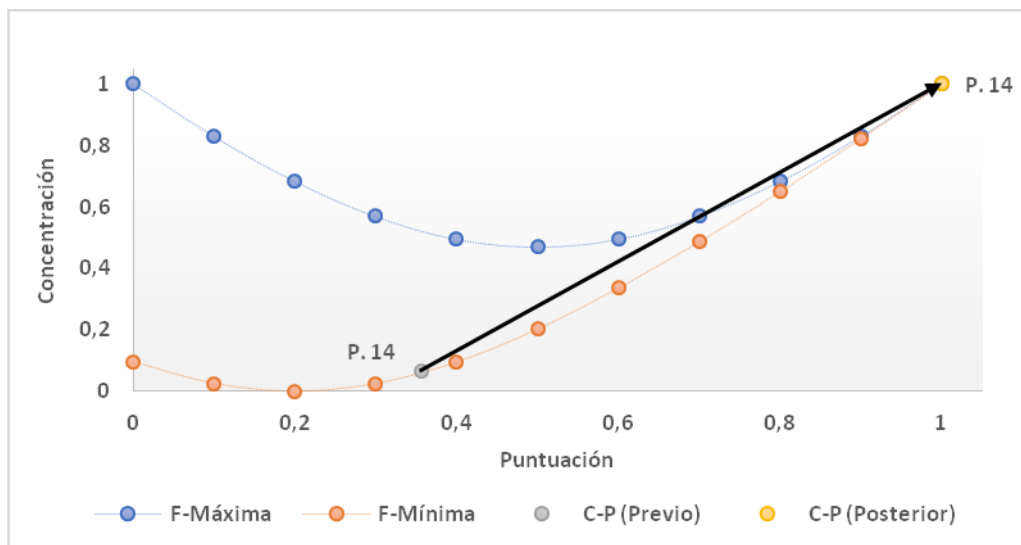


Figura 21. Gráfico de la pregunta 14 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

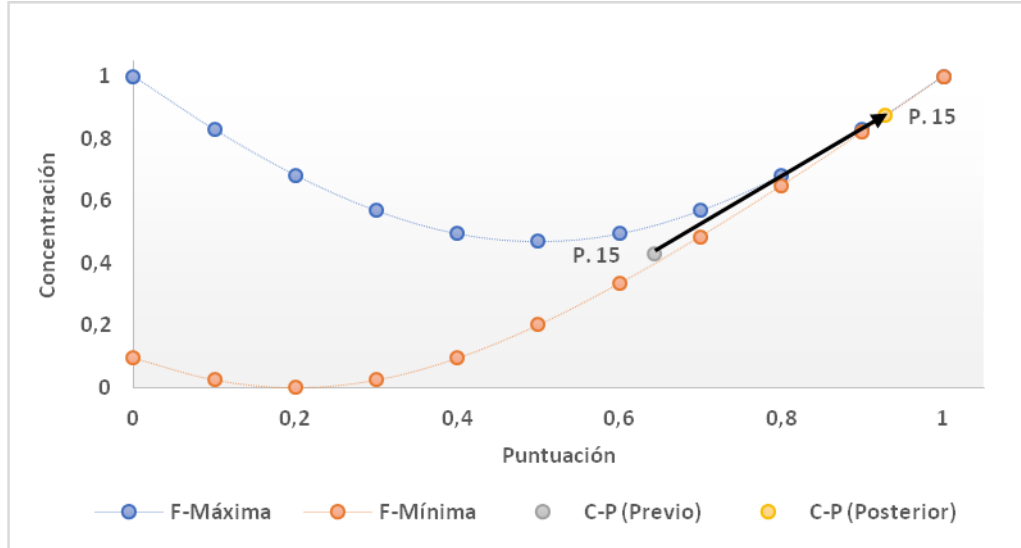


Figura 22. Gráfico de la pregunta 15 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El último ítem de la prueba se trataba de identificar en cinco diagramas de circuitos dos resistencias en serie con la batería. Los resultados en el gráfico de la Figura 23 presentan un cambio apenas moderado, se logró llegar a un modelo pero su dominancia es incorrecta, esto se dio porque el 71,4 % de los estudiantes comprendieron bien el concepto de la configuración en serie para los resistores pero omitieron el detalle de mantener la configuración en serie con la batería, lo que hizo que la respuesta concentrada se diera con la opción que consideraba un circuito que se disponía en serie para los resistores pero en paralelo con la batería y el circuito correcto, es decir al omitir este pequeño detalle, la respuesta fue parcialmente correcta y por ende, se generó el resultado con la dirección del vector mostrado en la Figura 23.

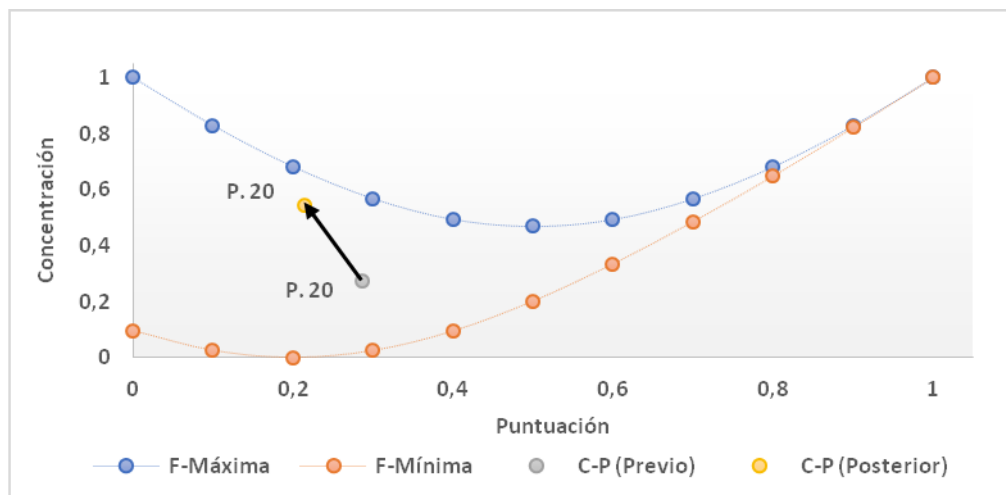


Figura 23. Gráfico de la pregunta 20 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para circuito en serie y paralelo.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.5. Análisis para el contenido las leyes de Kirchhoff

En el último contenido analizado en la propuesta, se contemplaron los ítems 16, 17, 18 y 19 de la prueba conceptual aplicada previamente y posterior a la implementación de la propuesta didáctica diseñada.

Las leyes de Kirchhoff pone en práctica las aplicaciones adquiridas en los contenidos anteriores de la unidad en electricidad, donde se retoma constantemente la puesta en práctica de la ley de Ohm y configuraciones de circuitos en serie y paralelo, de forma que, al evaluar este contenido se presentó de forma implícita algunos tópicos analizados en otras prácticas y permitió reflexionar sobre variados conocimientos adquiridos u otras habilidades como la

lectura de nomenclatura en circuitos eléctricos con sus diagramas, variables físicas y cuidados requeridos.

A continuación, se presentan los valores obtenidos en la Tabla 18 para definir el nivel de ganancia del aprendizaje por medio del factor Hake (observe la Tabla 8), siendo este, el resultado más favorable de los contenidos del eje disciplinar de estudio con un nivel de ganancia alto. De esta manera, se infiere que el diseño de la propuesta desarrollada también cumple de forma efectiva en este tópico y se asegura con el nivel de ganancia conceptual alto del aprendizaje registrado con los resultados de los estudiantes de undécimo nivel del CCCSR.

Tabla 18. Resultados de porcentajes de nota promedio para el factor de ganancia hake para los ítems relacionados con las leyes de Kirchhoff.

Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba previa	Porcentaje de nota promedio para los ítems en la prueba posterior	Factor Hake promedio de los ítems	Factor Hake normalizado
2,75	4,54	0,70	0,75

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Similarmente, para el modelo del factor de concentración se muestran en los gráficos de la Figura 24, Figura 25, y Figura 26 una magnitud importante con el modelo de pensamiento en los estudiantes en cuanto al tema de las leyes de Kirchhoff, donde se consideró para estos ítems identificar un circuito compuesto por mallas y poner en práctica tanto las ley de nodos como la ley de mallas en diferentes formas, ya fueran visuales o por modificaciones en alguno de los

elementos del circuito. Con esto, se establece un cambio importante hacia el modelo de respuesta correcta (nivel HH) con el 100% de aciertos en los estudiantes.

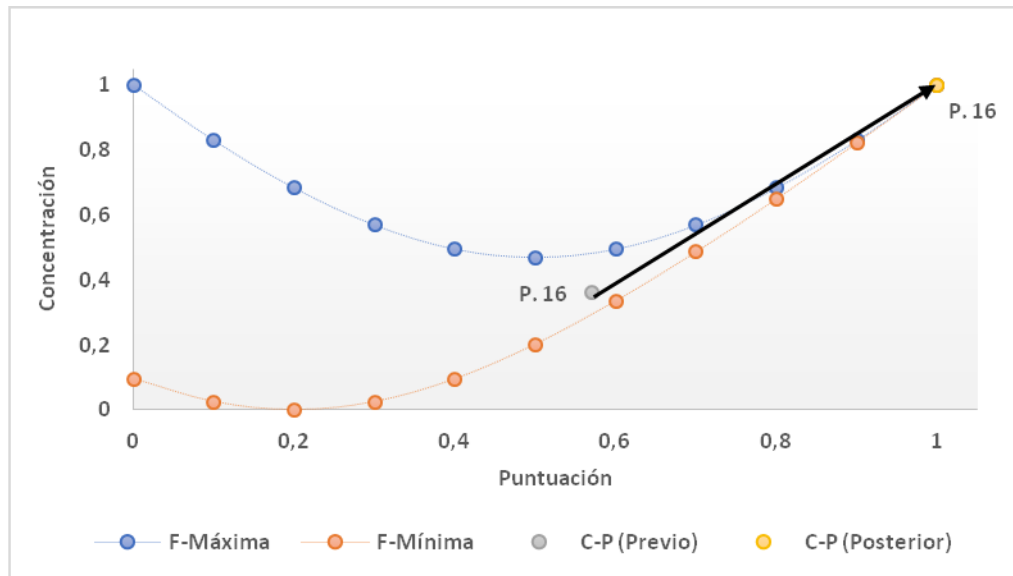


Figura 24. Gráfico de la pregunta 16 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

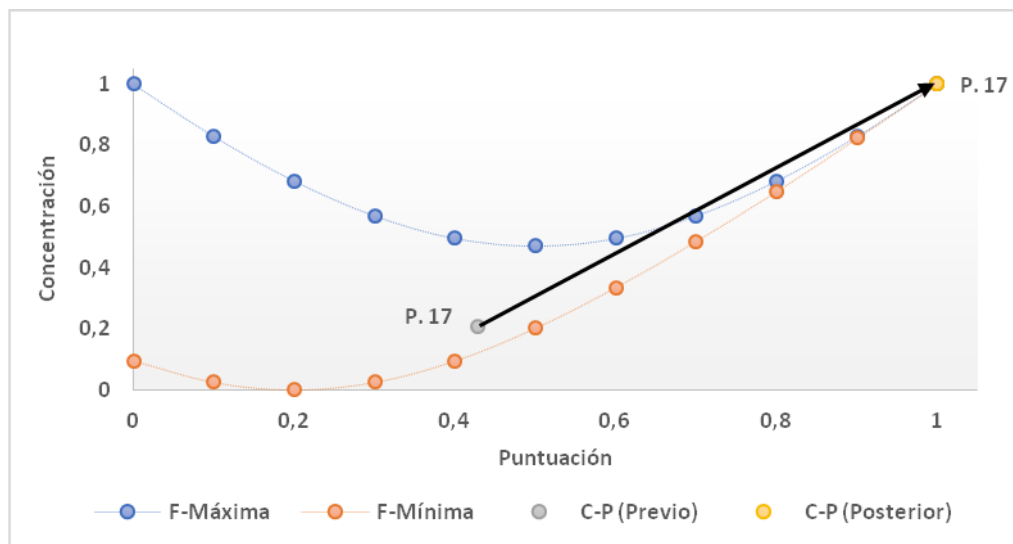


Figura 25. Gráfico de la pregunta 17 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

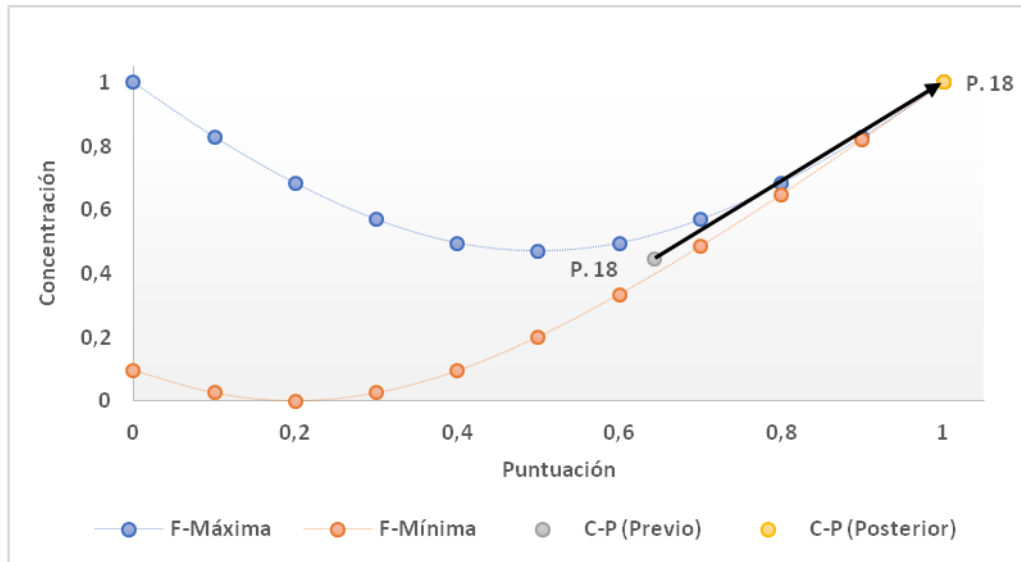


Figura 26. Gráfico de la pregunta 18 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el caso de la Figura 27 se establece un patrón sin cambio alguno, tal y como se presentó en el ítem 1 de la prueba con el gráfico de la Figura 9. Sin embargo, se destaca que a pesar de tener una implicación sobre dos modelos en la posprueba, las respuestas se asociaron una parte a la respuesta correcta con un 42,3 %, siendo esta la opción d ($i_b = 2i_c$) y otro 42,3 % relacionó a la respuesta de la opción b ($i_b = 1/2i_c$), por lo que se puede claramente inferir que los estudiantes con la respuesta de la opción incorrecta tenían claro el concepto pero no lograron el resultado esperado, por un error algebraico y apenas un 15,4 % no tenía claro la respuesta que se esperaba con este ítem.

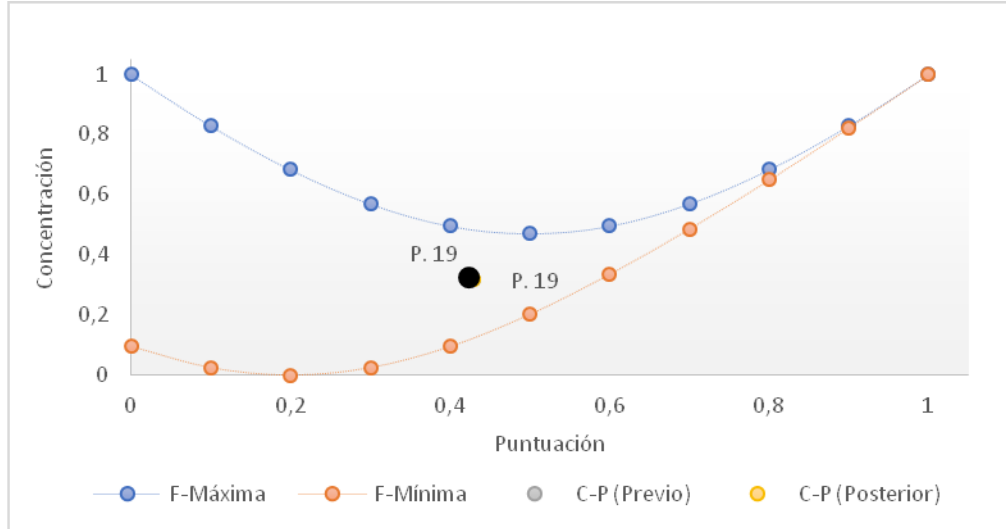


Figura 27. Gráfico de la pregunta 19 de la prueba conceptual del factor de concentración en función de la puntuación obtenida para las leyes de Kirchhoff.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.6. Valoraciones de los estudiantes con el diseño de la propuesta didáctica

Los aspectos que se señalarán son considerados mientras se trabajó con la propuesta y los mismos fueron valorados a través del cuestionario del Anexo 3 una vez que se finalizó con la implementación del diseño experimental.

De acuerdo con estas valoraciones, se destacó el grado de satisfacción del diseño experimental propuesto, en la Figura 28, el 50% de los estudiantes consideraron que la propuesta didáctica empleada cumple con las expectativas, otro 43 % lo ve como algo muy bueno y apenas un 7 % resalta como bueno.

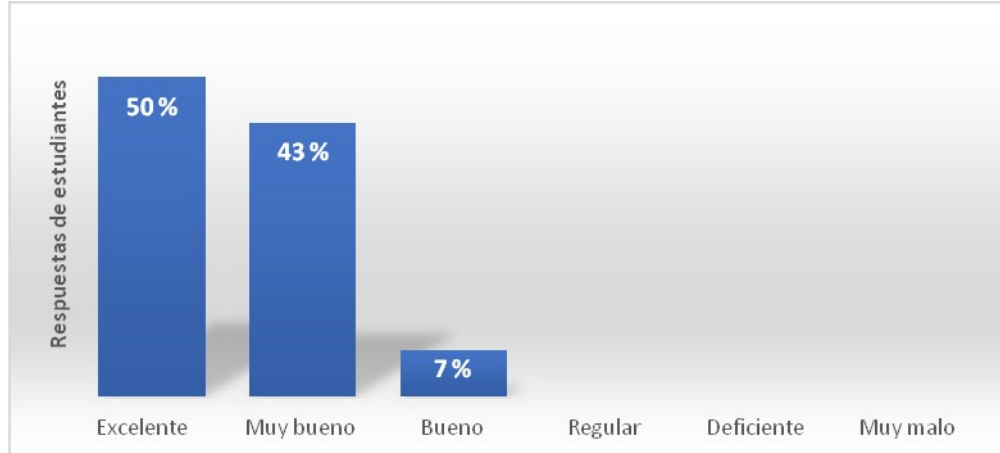


Figura 28. Grado de satisfacción de los estudiantes con el uso de este tipo de práctica empleadas para la unidad de electricidad.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

Por otra parte, el caso de la Figura 29 se consultó que les parecía el diseño del formato presentado en la propuesta didáctica, donde se contempló un diseño que abarcó las siguientes etapas: una actividad como sesión previa a la práctica, la ejecución del laboratorio y una actividad posterior a la práctica. Para los estudiantes es claro que esta metodología no solo fue innovadora, sino que tuvo gran aceptación, con 64 % como excelente y el 36 % restante lo consideraron como algo muy bueno o bueno.

Además, se tiene que un 93 % (Figura 30) de la población consideran que la incorporación de este elemento didáctico de las actividades previas de índole diagnóstica y la posterior vinculada a una reflexión conceptual o práctica, permitió en el estudiante tuviera una mejor comprensión sobre el desarrollo del experimento.

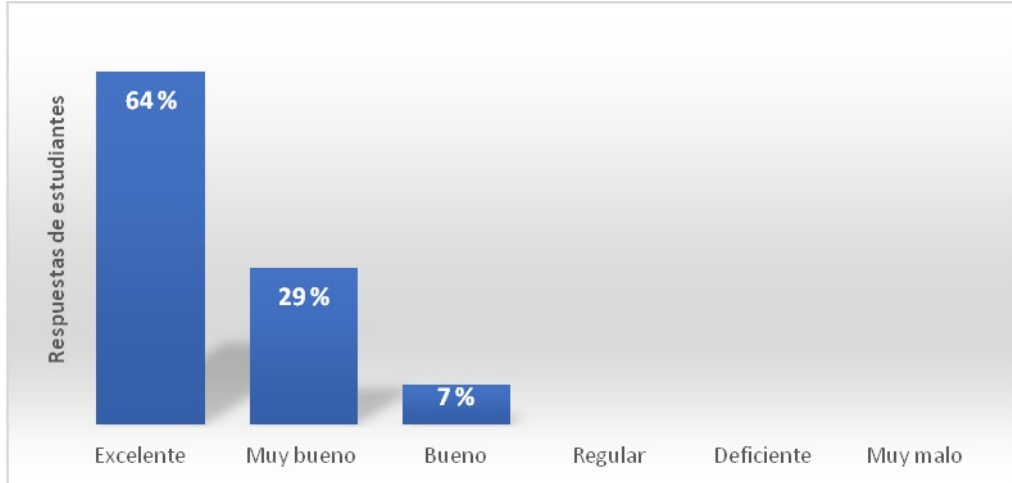


Figura 29. Grado de satisfacción con el diseño de las prácticas en el formato presentado para la unidad de electricidad.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

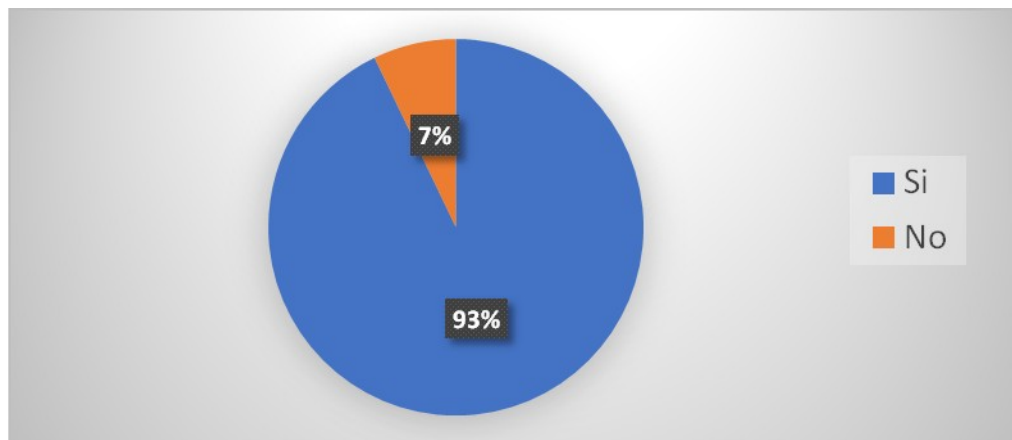


Figura 30. Consideración de las sesiones previas al laboratorio y posterior al laboratorio y cómo esto contribuyó hacia un mejor desarrollo del experimento.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

Otros indicadores planteados con respecto al diseño de la propuesta se ven claramente en los gráficos de las Figura 31 y Figura 32, donde se enfocó propiamente al análisis de detalles como la redacción de los procedimientos, donde se esperaba tener una redacción clara en cuanto a las instrucciones solicitadas para los experimentos y la recolección de datos o procesos algebraicos

que sean accesibles y comprensibles para los fines académicos dispuestos con esta población estudiantil, de ello evidenció como la tendencia fue marcada de excelente a bueno, siendo mayoría en ambos escenarios la escala excelente y muy bueno donde se concentró el 86 % de la población para ambos casos pero distribuidos en proporciones diferentes como se muestra en los gráficos.

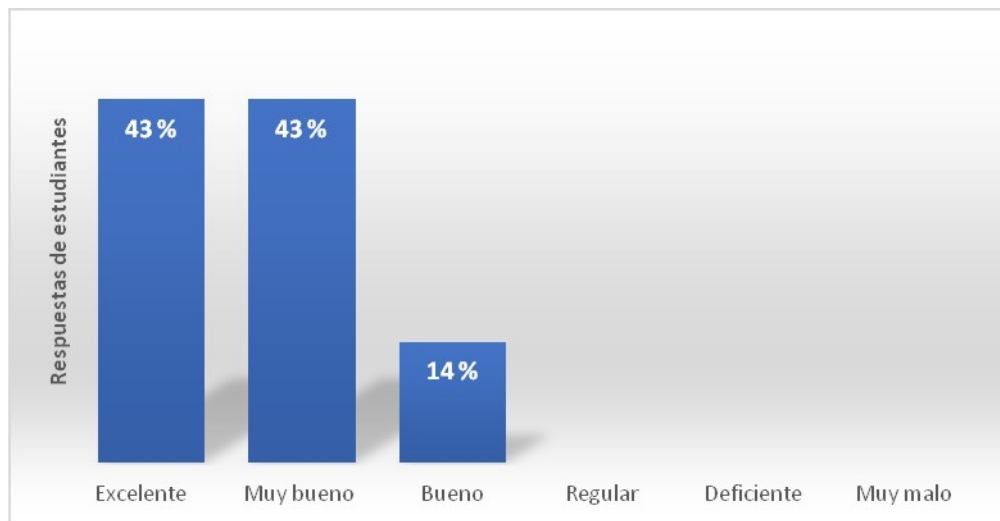


Figura 31. Valoración de los procedimientos en las prácticas de electricidad, si están escritos o diseñados para poblaciones del SNCCC u otro tipo de modalidad de colegios del MEP.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

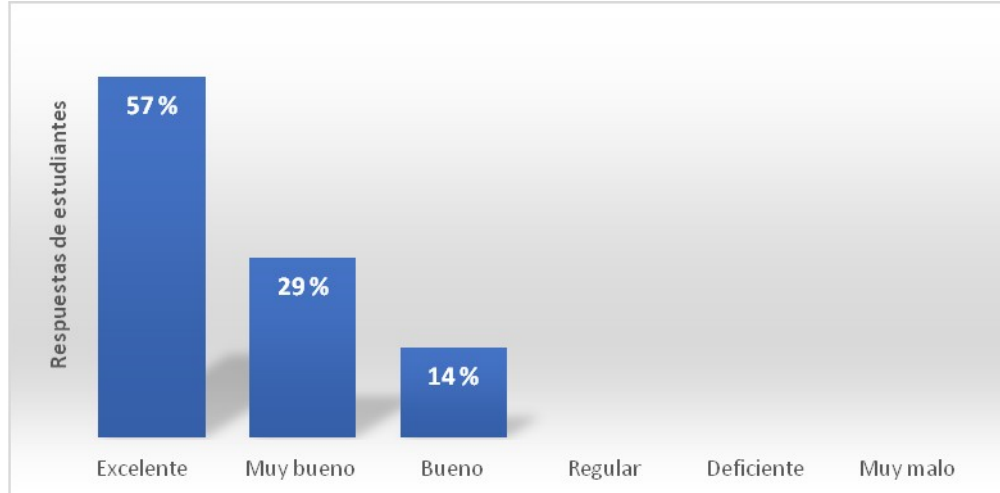


Figura 32. Valoración de cómo el diseño de las prácticas favoreció al estudiante en la recolección de datos, cálculos y/o observaciones para análisis de informes o proyectos del tema estudiado.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

Por su parte, para la validación del diseño experimental se utilizó una rúbrica adaptada como medio de evaluación de los aprendizajes (Anexo 4) y la implementación de síntesis para la recolección de datos o información solicitada por cada práctica.

La Figura 33 destacó la rúbrica como un instrumento destacado en el diseño experimental implementado, ya que un 57 % lo señalaron como algo excelente y un 36 % visto como muy bueno.

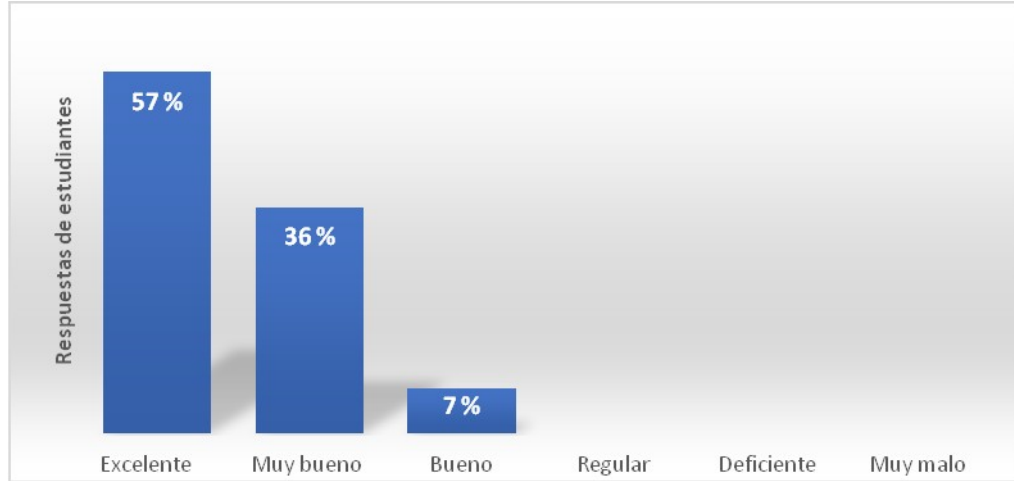


Figura 33. El diseño de la rúbrica permitió guiar adecuadamente a los estudiantes en cuanto a las valoraciones y recomendaciones que el docente le señaló.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

Para el caso de las síntesis, el gráfico de la Figura 34 los estudiantes opinaron con un 50 % como algo muy bueno y un 36 % como algo excelente. Por tanto, se infiere que este recurso fue aceptable y presenta características positivas para que se implemente de forma práctica el procesamiento de los datos y observaciones de sus resultados.

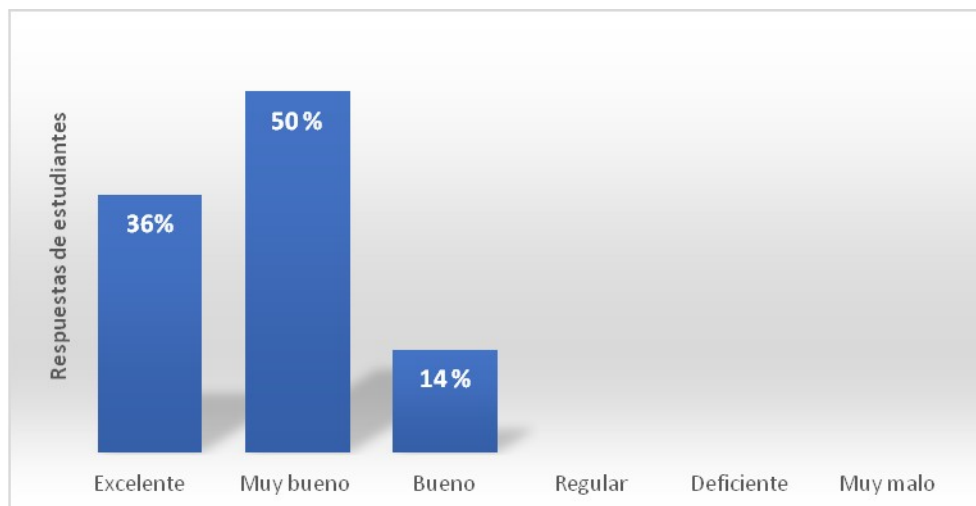


Figura 34. Grado de satisfacción con el uso de las síntesis para recopilar sus resultados y/o observaciones.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

En la Tabla 19 y Tabla 20 se tiene algunas afirmaciones hechas por los mismos estudiantes, primero en función de que aportes o deficiencias encontraron con respecto a la propuesta en medio del COVID-19 y segundo se consideró que tipo de recomendaciones u observaciones propondrían ellos al diseño de la propuesta.

En ambos casos, se puede evidenciar como las afirmaciones fueron enriquecedoras, es decir, se cumplió con las expectativas planteadas en esta investigación al enfocar un material dispuesto para esta población estudiantil, sin embargo, no se puede omitir la importancia con algunas opiniones como es el caso del tiempo, algunos fueron muy enfáticos en que no siempre fue ideal y también incorporar en los LR nuevas mejoras como vincular algunas

configuraciones que aún son limitadas como el caso del VISIR que fueron señaladas dentro de las afirmaciones.

Tabla 19. Dada las circunstancias del COVID-19. Algunas afirmaciones de los estudiantes con aportes o deficiencias sobre el diseño de este tipo de prácticas empleadas en la unidad de electricidad.

Afirmaciones
✓ Honestamente siento que ha llevado el curso de una buena manera. Bastante completo.
✓ Me he sentido corto de tiempo, me gustaría que se diera, al menos, una semana para la entrega. Por lo demás, me ha parecido excelente.
<p>✓ Aportes: Están super bien estructuradas, muy ordenadas y se aprende mucho sobre el tema, aunado con los quices y pruebas del webassign, no hay duda de que se termina adaptando y aprendiendo al tema o a los conceptos evaluados.</p> <p>Deficiencias: Casi ninguna, la verdad que, para un futuro libro de prácticas, yo pondría las practicas virtuales con links de labsland los cuales dichas prácticas no sean descargables o que ocupen un software externo a la práctica para realizar la misma (es decir, que se les dé clic y se entre de una). Además, softwares como el visir, por más hechos o parecidos a la realidad, no me gusta que las resistencias estén programadas de cierta forma y uno no tenga la posibilidad de inventarse lo que quiera. Pero esto último igual y es un error muy puntual y totalmente solucionable. El error que, si detesté de este software visir, es que, si se tiene un error en el circuito, solo te marca error y no te dice donde, y eso me frustró mucho a la hora de sacar las medidas de la práctica de circuitos serie y paralelo.</p>
✓ Resulta lo más realista posible en la realidad actual.
✓ 2 horas es poco tiempo
✓ En general las prácticas estaban muy bien, en prácticas con circuitos hubo algunos detalles, pero no fue nada grave, entonces los laboratorios fueron bastante satisfactorios.

<p>✓ El elemento del VISIR que se usó es un método muy poco flexible y las prácticas son muy extensas, me han llegado a tomar varias horas realizarla, especialmente el análisis de datos. Sin embargo, este método se ha llevado de buena manera y ha sido útil para entender mejor la materia vista en clases</p>
<p>✓ Las prácticas me parecen muy intuitivas y acordes con los conceptos evaluados en las clases teóricas, pero el software de visir no me gusta la forma en que esta implementado. No me gusta que cuando cometemos un error en el circuito o la secuencia de resistencias, este nada más indique que hay un fallo y no diga o especifique donde es qué ocurre el mismo. Por todo lo demás, creo que es lo que más me frustra a la hora de realizar dichas mediciones, aunque el software es muy bueno en general.</p>

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

Tabla 20. Recomendaciones o aspectos a modo general que tuvieron los estudiantes sobre el uso de este tipo de prácticas empleadas en la unidad de electricidad.

Afirmaciones
<p>✓ Los laboratorios virtuales son muy personalizables</p>
<p>✓ Quizás la parte que veo más débil es la medición del tiempo, por lo demás me parecen prácticas interesantes y útiles. Me gustaría mencionar que la redacción del procedimiento es muy clara y útil para guiar al estudiante</p>
<p>✓ El primer software de la práctica de ley de ohm, ya que el mismo permitía crea circuitos de múltiples formas, tamaños y por más descabellado que pareciera le decía a uno en donde hay un posible fallo o error, o si excedimos el nivel de velocidad de corriente, etc. En sí, me gusto la incentivación de creatividad que le pueda generar el software, y su gran facilidad de manejo.</p>
<p>✓ Mayor rapidez al explicar en qué consistirán los laboratorios, ir más al punto.</p>
<p>✓ Me gustó mucho que se adaptarán bastante a la realidad, ya que los valores y porcentajes de error son bastante apegados a la realidad, entonces por</p>

ese lado no se pierde el sentido de un laboratorio presencial.
✓ Las prácticas no son aburridas ni tediosas. Son muy intuitivas. Su interfaz es amigable con el estudiante.
✓ En general, me parece que se ha llevado de buena manera. Más que todo la clase previa a la síntesis es la que más ayuda porque genera una orientación durante la práctica.
✓ Las prácticas están excelentes, muy bien explicado todo y trae espacios para rellenar, esto nos facilita mucho el desarrollo de la práctica, anteriormente teníamos que copiar todo en la libreta.
✓ Me gustó mucho el formato de la práctica, los pasos son muy ordenados y explicativos. Esto hace que se entienda muy bien el procedimiento.
✓ Considero que ha mantenido el interés y la motivación en lo estudiantes. Dadas las circunstancias, ha hecho lo que ha podido y lo ha hecho bien. No tengo quejas ni sugerencias. Estoy bastante satisfecho.
✓ Me gustaría que nos brindaran más tiempo para entregar trabajos/síntesis/prácticas... ya que hay otras materias en las que igualmente tenemos que invertir bastante tiempo.
✓ Me gusto las posibilidades que permiten estos softwares para crear circuitos y su incentivación a la creatividad.
✓ El programa por su naturaleza interactiva y realista permite acercarse a lo que se viviría en una práctica presencial y con equipo real, eso sí, sin que nada se queme.
✓ El uso de laboratorio remotos que da errores más realistas

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

Otros aspectos relevantes que se dieron con niveles altos del grado de satisfacción se pueden encontrar en el Anexo 6 que refuerzan más la intervención de este análisis. No obstante, es claro que todo el análisis desarrollado en este

proceso transeccional correlacional-causal, así como los escenarios planteados al inicio bajo los modelos estadísticos a modo general en la muestra, establece que el diseño experimental empleado en la unidad de electricidad con los estudiantes de undécimo nivel del CCCSR ha cumplido con las expectativas planteadas en la hipótesis de investigación.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración de un diseño experimental con un enfoque didáctico para las lecciones de física con laboratorio en un Colegio Científico de Costa Rica ha sido la motivación de esta investigación a fin de contribuir a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en este nivel educativo. En este capítulo se muestran las conclusiones más destacadas con la implementación de esta propuesta didáctica y se puntualizan algunas recomendaciones esenciales para la mejora de este proceso investigativo.

5.1. Conclusiones

A continuación, se detallan los aportes más relevantes de este proceso de investigación.

Con la pregunta generadora planteada para esta investigación ¿Un nuevo diseño de propuesta didáctica experimental en la lección de laboratorio de física podría fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje del tema de electricidad a estudiantes de undécimo nivel del CCCSR? se tiene que la propuesta una vez que se implementó con los estudiantes del CCCSR en el nivel de undécimo se realizaron diferentes pruebas estadísticas para verificar si la implementación de la propuesta fue efectiva, por lo que se concluye:

- Primero, se destaca que mediante la prueba t se descartó la hipótesis nula (H_0), donde se obtuvo un valor de $p=0,001$ por debajo de su valor de significancia del 0,05 y con esto se concluye que los estudiantes obtuvieron mejores notas en la prueba posterior una vez que se implementó la propuesta didáctica, lo que valida la hipótesis de investigación.
- El factor de ganancia conceptual propuesto por (Hake, 1998) para un valor promedio y normalizado medido una vez que se implementó la preprueba y posprueba, registró valores para la muestra de 0,58 y 0,62 respectivamente. De forma que se establece mediante este modelo estadístico que la implementación del tratamiento educativo (diseño de la propuesta) cumple con la ganancia conceptual requerida para mejorar la enseñanza en la temática de electricidad al obtener un nivel medio cercano a la frontera de la zona alta.
- Para el factor de concentración, que se enfoca en los aciertos de las respuestas correctas de la prueba conceptual aplicada de forma previa y posterior, se registró que los resultados de la posprueba fueron de 73,7%, esto implica que su cambio fue excelente bajo un modelo correcto y apenas un 26,3 % en el nivel de dos modelos (ver Tabla 8.) mientras que para la preprueba se registró un 21,1 % en nivel excelente con un modelo correcto, 36,8 % en dos modelos, 15,8

% y 26,3 % clasificados sin modelo (ver Tabla 8.). De manera que se tiene un diferencial semántico con cambios significativos al implementar la propuesta con la unidad de electricidad, ya que se logró llevar a la mayor parte de los estudiantes de una zona sin modelo, es decir, con un patrón de respuestas aleatorias o de dos modelos (LM y MM) a una zona de implicación de un modelo correcto de respuesta. Por lo que, este modelo representa de forma concluyente en la Figura 8 que el diseño propuesto para la lección de física con laboratorio en el tema de electricidad como un tratamiento educativo efectivo y significativo, ya que permite al estudiante dirigir su razonamiento con los conceptos analizados a un punto del modelo correcto que coincide con lo propuesto por la teoría de la física.

- Los modelos estadísticos del factor de Hake y Bao y Redish al ser analizados por los contenidos disciplinares de la unidad de electricidad concluyen que las zonas de ganancia de aprendizaje fueron media con tendencias hacia la zona alta para los conceptos de ley de Coulomb, ley de Ohm y circuito en serie y paralelo, para el caso de las leyes de Kirchhoff se registró una zona de ganancia alta. Por su parte, el factor de concentración tuvo cambios significativos en todos los ítems analizados de la prueba y algunos casos la

magnitud del vector en el plano fue excelente (ver Figura 14, Figura 15, Figura 18, Figura 20, Figura 21 y Figura 25) lo que promueve que el modelo de razonamiento de los estudiantes en cada uno de estos contenidos fue importante para su nivel de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, el diseño de la propuesta didáctica cumplió de manera efectiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje para los estudiantes (ver Figura 28 y Anexo 6), en donde no solo se implementó modalidades novedosas como los laboratorios remotos y virtuales, sino que también abarcó un proceso de aprendizaje mediado por la indagación, de forma que los estudiantes pudieran canalizar un fenómeno físico mediante un proceso constructivo que se desarrolló por etapas a lo largo de cada práctica experimental (Figura 30), las cuales fueron previstas en el cuaderno de prácticas que se elaboró en la unidad de electricidad y con ello se logre mediante la estrategia didáctica de las prácticas de laboratorio un sentido a la forma de concebir la enseñanza de la física (Cañedo et al., 2019)

Otros aspectos relevantes se dieron con la situación vivida por el COVID-19 donde esta propuesta no tuvo ningún contratiempo y pudo desarrollarse de forma normal a un proceso lectivo presencial (Anexo 6) por la incorporación de modalidades experimentales novedosas mencionadas anteriormente, las cuales fueron trabajadas con el diseño propuesto mediante síntesis (Figura 34) y evaluadas por una rúbrica adaptada para el diseño experimental (Figura 33 y Anexo 6).

5.2. Recomendaciones

De acuerdo con el trabajo realizado en la investigación y posteriormente al evidenciar cada una de las conclusiones obtenidas, surgen algunas recomendaciones que en la medida de lo posible permita que esta investigación pueda trascender más y tome relevancia en otros procesos educativos. Entre los aspectos más importantes se tiene:

- A pesar de lo vivido con el COVID-19 y el hecho de que la propuesta haya podido adaptarse de forma idónea a la educación virtual, es importante que la enseñanza en los laboratorios de forma presencial se siga realizando, por lo que es indispensable al diseño de esta propuesta incorporarle prácticas experimentales no solo que estén elaboradas a partir de LR y LV sino que también adecue prácticas presenciales donde se incorpore la tendencia de las TIC con los sistemas SCADa para evaluar fenómenos físicos o científicos.
- La propuesta elaborada se enfocó a la unidad de electricidad, no obstante el programa anual del (MEP, 2017) contempla otras áreas del conocimiento para los estudiantes de undécimo nivel como son: ondas y sonido, magnetismo, óptica geométrica-física y moderna. Por lo que se insta a seguir trabajando estas otras unidades con el fin de abordar los temas de todo el ciclo lectivo y además se considere seguir el mismo proceso con los tópicos de décimo nivel.

- Una vez realizada la propuesta que abarque todas las unidades requeridas por el programa de MEP y el SNCCC en el área de física con laboratorio tanto para 10 y 11 nivel, se insta a que el material sea publicado en una editorial de afinidad educativa para que pueda ser divulgado a las demás instituciones del SNCCC y también pueda ser considerado su uso para todas aquellas instituciones de educación secundaria que cuenten con el interés de potenciar esta área de estudio.
- Es relevante que el diseño de un cuaderno de prácticas para las lecciones de física con laboratorio siguiendo lo planteado en esta propuesta pueda incluir la recolección de datos y análisis de información como se propuso en las síntesis que son básicamente la parte de actividad previa sesión de laboratorio, procedimiento, análisis de resultados y actividad posterior a la sesión de laboratorio a fin de que se mantenga el proceso de enseñanza bajo el modelo de indagación y se pueda acoplar la evaluación mediante la rúbrica adaptada para este diseño experimental.

REFERENCIAS

- Acontecer UNED. (2020). *UNED inaugurará Colegio Científico de San Vito la próxima semana*. <https://www.uned.ac.cr/acontecer/a-diario/juncos/51-a-diario-/gestion-universitaria/3961-uned-inaugurara-colegio-cientifico-de-san-vito-la-proxima-semana>
- Alvarado Silva, M. G. (2010). *Propuesta para la elaboración de un texto para la enseñanza de la Física en el área de la Educación Técnica*. [Tesis de licenciatura inédito] Universidad de Costa Rica.
- Álvarez Molina, F., & Smith Coto, G. (2012). *Propuestas didácticas innovadoras para la enseñanza de la física y de la química en décimo año, en el Colegio Madre del Divino Pastor, circuito 01, de la Dirección Regional de Educación de San José*. [Tesis de licenciatura inédito] Universidad de Costa Rica.
- American Association of Physics Teachers, A. (2020). *PhysPort*. <https://www.physport.org/assessments/>
- Arguedas-Matarrita, C. (2017). *Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica*. [[Tesis de doctorado] Universidad Nacional del Litoral]. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/1018>
- Arguedas, C. M., & Concari, S. B. (2016). Laboratorios remotos para la enseñanza de la física: características tecnológicas y pedagógicas. *Revista Enseñanza de La Física*, 28, 235–243. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2014.03.018>
- Arguedas, C. M., & Concari, S. B. (2018). Características deseables en un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física: indagando a los especialistas. In *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (Vol. 35, Issue 3, pp. 702–720). <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p702>
- Arias, E. (2014). Estrategias de Intervención para el Proceso de Aprendizaje en el Curso de Física para Ciencias de la Vida. In J. Trejos Zelaya (Ed.),

- Contribuciones a la Innovación Docente en la Universidad de Costa Rica* (pp. 33–44). Centro de Investigaciones en Matemática Pura y Aplicada.
- Arias Monge, M., & Navarro Camacho, M. (2017). Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Actualidades Investigativas En Educación*, 17(3). <https://doi.org/10.15517/aie.v17i3.29878>
- Arias Navarro, E., & Arguedas Matarrita, C. (2018). Strengthening the teaching of physics at a Costa Rican Scientific College through the use of the VISIR Remote Laboratory. *Revista Virtualidad Educación y Ciencia*, 9(16), 131–141. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/editor/submission/20478>
- Arroyo Chavarría, O. A. (2016). *Fortalecimiento de habilidades científicas en la enseñanza de la física: estrategia curricular a partir del método científico*. [Tesis de maestría inédito] Universidad de Costa Rica.
- Ballén Molina, R. A. (2010). La pedagogía en los Diálogos de Platón. *Revista Diálogos de Saberes*, 33, 35–54. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/dialogos/article/view/2001>
- Bao, L., & Redish, E. F. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics*, 69(S1), S45–S53. <https://doi.org/10.1119/1.1371253>
- Barboza Soto, R. (2005). *Los Conceptos Científicos de la Física en el proceso de enseñanza-aprendizaje: Un estudio de caso, en el aula y el laboratorio, con un grupo del profesorado de Ciencias de una Universidad Pública*. [Tesis de doctorado inédito] Universidad Nacional Estatal a Distancia.
- Barrantes, R. (1999). *Investigación: Un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo* (Primera). Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Becerra, D. (2018). *Uso de simulaciones en la enseñanza de conceptos generales de electricidad y magnetismo en estudiantes de ingeniería* [[Tesis de doctorado] INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL]. <https://www.fised-cicata.com/tesisdoctorado.html>

- Bruni, J., Aguirre, N., Murillo, J., Díaz, H., Fernández, A., & Barrios, M. (2008). *Una mejor educación para una mejor sociedad* (Federación). Movimiento de Educación Popular Integral y Promoción social.
- Buendía Eisman, L., Colás Bravo, P., & Fuensanta Hernández, P. (1998). *Métodos de Investigación en Psicopedagogía*. McGraw-Hill Interamericana.
- Bunge, M. (2013). *La ciencia: su método y filosofía* (Primera Ed). Laetoli, S.L.
- Caamaño, A., Ametller, J., Cañal, P., Couso, D., Gallástegui, J. R., Jiménez-aleixandre, M. P., Justi, R., Pintó, R., Pro, A. De, Sanmartí, N., & li, V. (2011). *Didáctica de la física y la química: Vol. II* (Quinta Ed). GRAÓ, de IRIF, S.L.
- Cañedo, R. G., Deysi, A., Llerena, R., José, J., González, L., & Leyva, C. P. (2019). Propiciando el pensamiento teórico por medio de los laboratorios de física. *Latin-American Journal of Physics Education Is the Property of Latin-American Physics Education*, 13, 4306-1-4306–6.
- Cano, E. (2015). Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿uso o abuso? *Profesorado. Revista de Curriculum y Formación Del Profesorado*, 19(2), 265–280.
<http://www.ugr.es/local/recfpro/rev192COL2.pdf>
- Carrasco, J. (2004). *Una didáctica para hoy: como enseñar mejor*. RIALP.
<http://mateo.pbworks.com/w/file/fetch/122747673/jose-bernardo-carrasco-una-didactica-para-hoy.pdf>
- Carreras, C., Yuste, M., & Sánchez, J. P. (2007). La importancia del trabajo experimental en física: un ejemplo para distintos niveles de enseñanza. *Rev. Cub. Física*, 24(2), 80–83.
<http://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2007/vol24-No.1/RCF-2412007-80.pdf>
- Chavellard, I. (2000). *La Transposición didáctica: del Saber Sabio al Saber Enseñado* (C. Gilman (ed.); Tercera Ed). Aique Grupo Editor S.A.
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977.

<https://doi.org/10.1119/1.1374249>

- D'Alessandro Martínez, A., Michinel, J. L., & Malaver de la Fuente, M. (2015). *Los paradigmas en la Física, retardos difusionales e implicaciones didácticas*. 39(86), 191–219. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/481462>
- 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. citeulike-article-id:13170704%5Cn<http://josotl.indiana.edu/article/viewFile/1732/1730>
- Devore, J. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Septima, Issue 1). CENGAGE Learnig. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fragoso, R. M., & Torres, M. V. (2017). Enseñanza del electromagnetismo a través de aplicaciones experimentales. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2).
- García-Zubia, J., Cuadros, J., Hernández-Jayo, U., Romero, S., Serrano, V., Angulo, I., Alves, G., Fidalgo, A., Orduña, P., & Rodríguez-Gil, L. (2020). Using VISIR Remote Lab in the Classroom: Case of Study of the University of Deusto 2009–2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1231 AISC, 82–102. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-52575-0_7
- Gobierno de Costa Rica. (2020). *Gobierno declara estado de emergencia nacional, impide llegada de extranjeros y se suspende lecciones en todos los centros educativos del país*. <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/03/gobierno-declara-estado-de-emergencia-nacional-impide-llegada-de-extranjeros-y-se-suspende-lecciones-en-todos-los-centros-educativos-del-pais/>
- Gutiérrez, E. A. (2018). *Experimentos cruciales de laboratorio y enriquecimiento conceptual en el aprendizaje de la física* (Vol. 30, Issue 1) [[Tesis de maestría] Universidad Tecnológica Nacional]. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/20325>

- Hake, R. 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>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. In *Pablo de la Torre* (Cuarta). McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Husnaini, S. J., & Chen, S. (2019). *Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment*. 15(1), 010119-1-010119–16. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119>
- Jiménez Mora, M. (2008). *Sugerencias metodológicas para la enseñanza del electromagnetismo*. [Memoria de práctica dirigida inédito] Universidad de Costa Rica.
- Kane, S. N., Mishra, A., & Dutta, A. K. (2016). Implementation of an active instructional design for teaching the concepts of current, voltage and resistance. *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- León, A. (2007). Qué es la educación. *Revista Científica de America Latina El Caribe*, 11(39), 595–604. <http://www.redalyc.org/pdf/356/35603903.pdf>
- López Rúa, Ana Milena y Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145–166. <https://doi.org/1900-9895>
- Ministerio de Educación Pública. (2017). *Programa de Estudio de Física Educación Diversificada*.
- Ministerio de Educación Pública. (2019). *Tercer ciclo y educación diversificada*. <https://www.mep.go.cr/vista/tercer-ciclo-y-educacion-diversificada>

- Ministerio de Educación Pública. (2020). *MEP anuncia postergación de clases presenciales y fortalecimiento de la educación a distancia*. <https://www.mep.go.cr/noticias/mep-anuncia-postergacion-clases-presenciales-fortalecimiento-educacion-distancia>
- Municipalidad de San Ramón. (2019). *Mapa turístico y cultural de San Ramón 2019* (p. 11). <https://sites.google.com/sanramondigital.net/sanramongocr/san-ramon/mapa-turistico-y-cultural>
- Parreaguirre Gamboa, M. L., & Ramírez Solís, L. T. (2016). *Propuesta metodológica para estudiantes de décimo año basada en la estrategia de laboratorio con el tema de fluidos aplicado en situaciones de la vida cotidiana*. [Tesis de licenciatura inédito] Universidad Nacional de Costa Rica.
- Picardo-Joao, O. (2004). *Diccionario pedagógico de ciencias de la educación* (Primera Ed, p. 387). UPAEP. <https://online.upaep.mx/campusvirtual/ebooks/diccionario.pdf>
- Programa Estado de la Nación. (2011). Capítulo 3. Desempeño de la Educación General Básica y el Ciclo Diversificado. *III Informe Del Estado de La Educación*, 115–176.
- Programa Estado de la Nación. (2013). Capítulo 3. Desempeño de la Educación General Básica y el Ciclo Diversificado. *IV Informe de Estado de La Educación*, 135–195.
- Programa Estado de la Nación. (2017). Estado de la Educación. *VI Informe de Estado de La Educación*, 432.
- Programa Estado de la Nación. (2019). Estado de la Educación. *VII Informe de Estado de La Educación*, 295.
- Roldán, L. (2010). El uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTICs) en la enseñanza de la física moderna. *Actualidades Investigativas En Educación*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/1409-4703>
- Rosado, L., & Herreros, J. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *Recent*

- Research Developments in Learning* ..., 1–5.
<http://www.uv.es/eees/archivo/286.pdf>
- Serway, R. ., & Jewett, J. . (2019). *Física para Ciencias e Ingeniería* (Décima). CENGAGE Learnig.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (1992). *Normas reguladoras básicas del proceso educativo Colegios Científicos N°24961-MEP*.
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=23046&nValor3=94522¶m2=1&strTipM=TC&IResultado=1&strSim=simp
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2017). *Ley Fundamental de la Educación*. N° 2160.
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=31427&nValor3=33152&strTipM=TC
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2019). *Reglamento General de los Colegios Científicos de Costa Rica N° 19059-MEP*.
- Vargas, M. L. (2019, March 4). Alumnos de UNED aprenderán Física con aplicación móvil y realidad aumentada. *La Nación*.
<https://www.nacion.com/tecnologia/innovaciones/alumnos-de-uned-aprenderan-fisica-con-aplicacion/4M6NCWTZZJEB7HUJFIWRAJBTXQ/story/>
- Verdejo, P., & Freixas, R. (2009). Educación para el pensamiento complejo y competencias Diseño de tareas y experiencias de aprendizaje. *Innova Cesal*, 30.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Novena). Pearson Education.
- Young, H., & Freedman, R. (2018). *Física Universitaria* (Décimo cua, Vol. 1). Pearson Education. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

ANEXOS

Anexo 1. Asentimiento Informado para los participantes.

"Diseño de propuesta didáctica experimental en la Enseñanza de la Física aplicada al tema de Electricidad para estudiantes de Undécimo año del Colegio Científico Costarricense de San Ramón".

Asentimiento Informado para participantes

Propósito del proyecto: este trabajo pretende recolectar cierta información que permita al investigador hacer un análisis sobre una propuesta experimental en el tema de Electricidad con estudiantes de undécimo año del Colegio Científico de San Ramón.

¿Qué se hará?: Si acepta tomar parte de este trabajo, será observado en el desarrollo de las clases del laboratorio de Física donde se anotarán ciertos datos de interés acerca del tema.

Beneficios: Gracias a esto, el investigador podrá ampliar sus criterios en cuanto a la experimentación en los contenidos de electricidad y poder ampliar a los demás tópicos de Física. Además, contribuirá al desarrollo de las clases de laboratorio en el Sistema Nacional de Colegios Científicos Costarricenses.

- Antes de dar la autorización para este estudio, usted podrá hablar con el Profesor Eduardo Arias Navarro quién **debe contestar satisfactoriamente todas sus preguntas**. Para ello, puede llamar al teléfono 88888030
- Usted **conservará una copia de esta fórmula**, para su uso personal
- **Su participación en este trabajo es voluntaria**. Tiene derecho a participar o no, o a discontinuar su participación en cualquier momento, sin que esta decisión tenga consecuencia negativa alguna.

- Su participación en este estudio es **confidencial**. Los resultados podrían aparecer en una publicación científica o ser divulgados en una reunión científica, pero de manera anónima.
- Usted **no perderá ningún derecho** legal al firmar este documento.

Consentimiento

He leído o se me ha leído, toda la información descrita en esta fórmula, antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y éstas han sido contestadas en forma adecuada. Por lo tanto, accedo a participar como sujeto de investigación en este estudio

Nombre, cédula y firma de la persona adolescente participante Fecha

Nombre, cédula y firma de las personas encargadas del estudiante Fecha

Nombre, cédula y firma del investigador Fecha

Anexo 2. Prueba conceptual de electricidad aplicada a los estudiantes del CCCSR.

Institución:	Colegio Científico de San Ramón	Nivel	Undécimo
Tiempo estimado	60 minutos	Unidad	Electricidad
Puntos obtenidos		Nota	

Examen conceptual

Estudiante:

Fecha: ___/___/___

I. Instrucciones.

El presente examen conceptual se realizará mediante la plataforma virtual **Edmodo** a través de la configuración “Asignación de prueba”. Para esta asignación las preguntas se mostrarán de forma aleatorizada (es decir cada estudiante tendrá un orden distinto de las preguntas) con un solo intento y una vez finalizada la prueba, esta cerrará automáticamente y brindará al estudiante su respectiva calificación.

SELECCIÓN ÚNICA. (VALOR 20 PUNTOS, 1 PUNTO POR ÍTEM CORRECTO).

Seleccione con un clic () ● dentro del paréntesis que antecede la mejor respuesta para cada enunciado.

Dos objetos pequeños, cada uno con una carga neta de $+Q$, se ejercen una fuerza de magnitud F entre sí



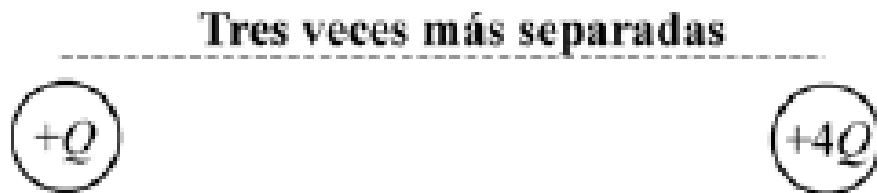
Se reemplaza uno de los objetos con otro cuya carga neta es $+4Q$



1. La magnitud original de la fuerza sobre la carga $+Q$ era F . ¿Cuál es la magnitud de la fuerza sobre la carga $+Q$ en la segunda situación mostrada?
 - (a) $4F$
 - (b) $2F$
 - (c) $5F/2$
 - (d) F
 - (e) $3F$

2. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza sobre la carga $+4Q$?
 - (a) $4F$
 - (b) $2F$
 - (c) $5F/2$
 - (d) F
 - (e) $3F$

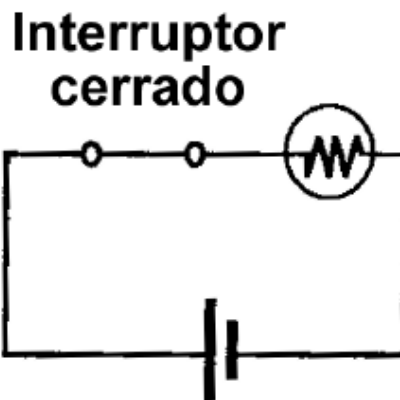
Ahora se alejan las cargas $+Q$ y $+4Q$ hasta quedar tres veces más separadas de lo que estaban originalmente:



3. ¿Cuál es ahora la magnitud de la fuerza sobre la carga $+4Q$?

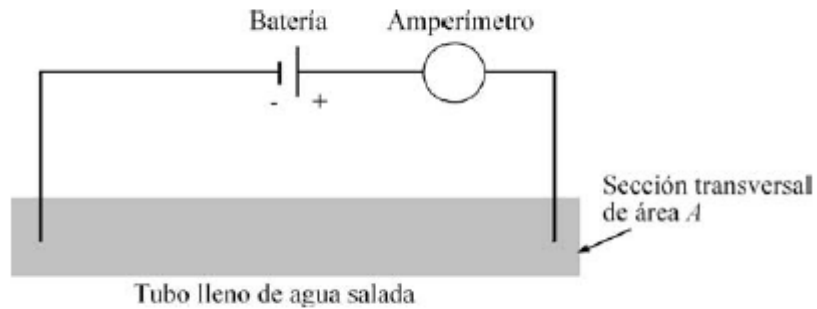
- (a) $4F/3$
- (b) $5F/18$
- (c) $4F/9$
- (d) $2F/9$
- (e) $F/3$

4. Inmediatamente después de que se abre el interruptor, ¿qué le sucede a la resistencia de la bombilla?



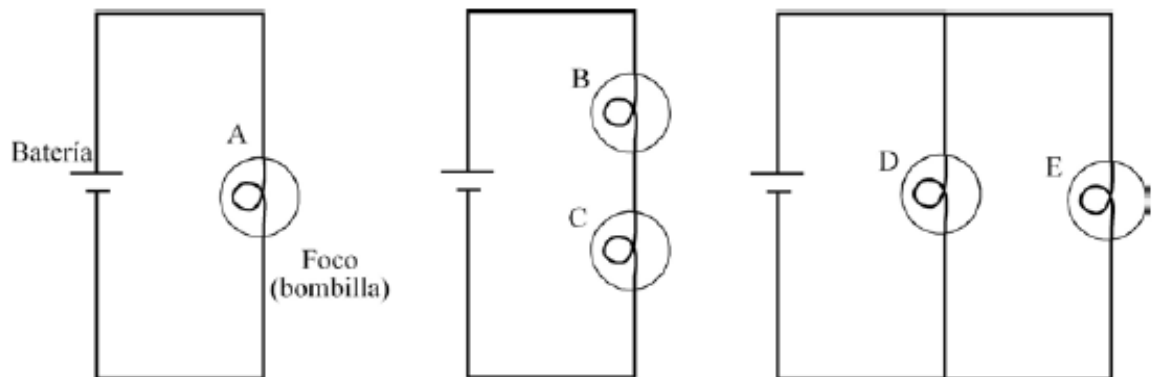
- (a) La resistencia tiende al infinito.
- (b) La resistencia aumenta.
- (c) La resistencia disminuye.
- (d) La resistencia permanece igual.
- (e) La resistencia tiende a cero.

El agua salada contiene n iones de sodio (Na^+) por metro cúbico y n iones de cloro (Cl^-) por metro cúbico. Una batería está conectada a barras metálicas que están sumergidas en un tubo lleno de agua salada. Considere que el área de la sección transversal del tubo es A :



5. ¿Cuál es la dirección del flujo de corriente convencional en el agua salada?
- (a) **Hacia la derecha.**
 - (b) **Hacia la izquierda.**
 - (c) **No hay corriente convencional debido a que el movimiento de los iones positivos y el de los negativos se cancelan mutuamente.**
 - (d) **Ambas direcciones.**
 - (e) **No se puede determinar.**

En los tres circuitos que siguen todas las baterías son idénticas y tienen una resistencia interna insignificante. Además, todos los focos o bombillas son idénticos.



6. Ordene los cinco focos o bombillas (A, B, C, D, E) en orden de más a menos brillante.

(a) $A = B = C > D = E$

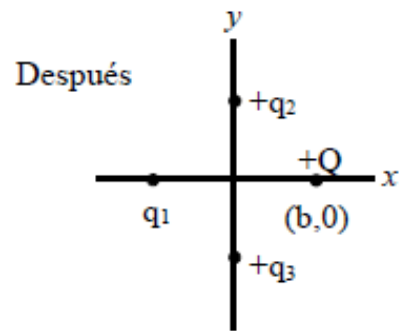
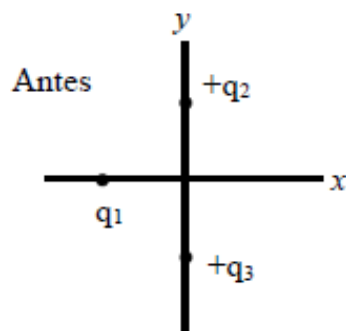
(b) $A > B = C = D = E$

(c) $A > B = C > D = E$

(d) $A > B > C > D = E$

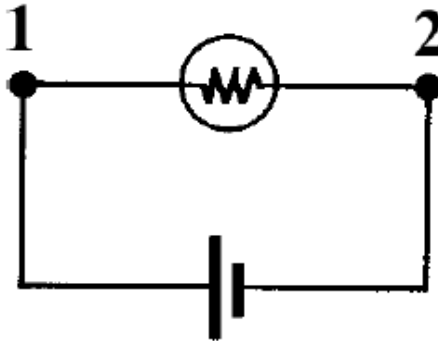
(e) $A = D = E > B = C$

7. En la figura de abajo, las cargas positivas q_2 y q_3 ejercen sobre la carga q_1 una fuerza eléctrica neta que apunta a lo largo del eje $+x$. Si una carga positiva Q se coloca en $(b,0)$, ¿qué pasará ahora con la fuerza sobre la carga q_1 ? (Note que todas las cargas están fijas en su posición).



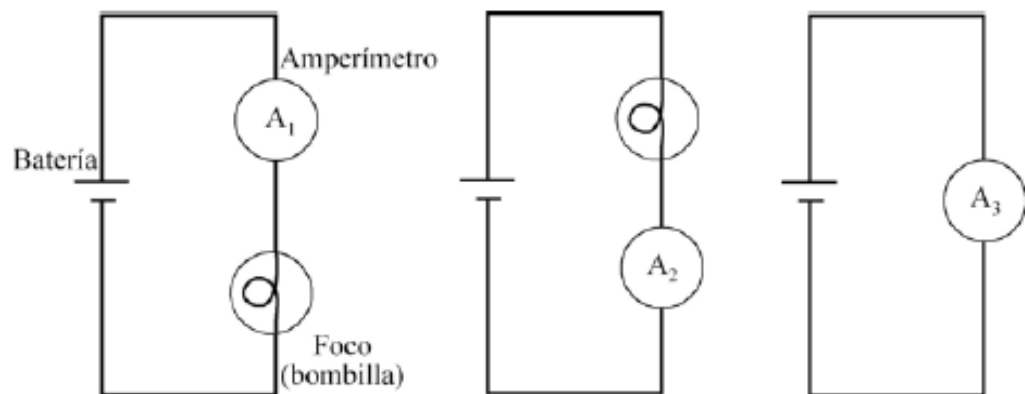
- (a) No hay cambio en la magnitud de la fuerza neta ya que Q está en el eje x .
- (b) La magnitud de la fuerza neta cambiará, pero no la dirección.
- (c) La fuerza neta disminuirá y la dirección podría cambiar por la interacción entre Q y las cargas positivas q_2 y q_3 .
- (d) La fuerza neta aumentará y la dirección podría cambiar por la interacción entre Q y las cargas positivas q_2 y q_3 .
- (e) No se puede determinar sin saber la magnitud de q_1 y/o Q .

8. Compare la corriente en el punto 1 con la corriente en el punto 2. ¿En cuál punto la corriente es MAYOR?



- (a) Punto 1
- (b) Punto 2
- (c) En ninguno, son iguales. La corriente viaja en una dirección alrededor del circuito.
- (d) En ninguno, son iguales. La corriente viaja en dos direcciones alrededor del circuito
- (e) No se puede determinar

Se arman los siguientes tres circuitos. Los focos y las baterías son idénticos en los tres circuitos



9. Ordene las lecturas de los 3 amperímetros (A_1 , A_2 y A_3) en orden decreciente de sus mediciones de corriente

(a) $A_1 = A_2 = A_3$

(b) $A_1 = A_2 > A_3$

(c) $A_1 = A_3 > A_2$

(d) $A_3 > A_2 > A_1$

(e) $A_3 > A_2 = A_1$

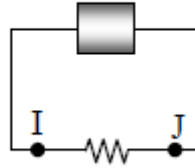
10. Una pequeña carga positiva, $+q$, se acerca, pero no hace contacto con una pequeña esfera de metal, como se muestra en el siguiente diagrama. La esfera metálica es eléctricamente neutra (sin exceso de carga). ¿Qué afirmación es correcta?



- (a) No hay fuerza entre la esfera metálica y la carga $+q$.
- (b) La esfera metálica será repelida por la carga $+q$.
- (c) La esfera de metal se sentirá atraída por la carga $+q$.
- (d) La carga $+q$ requiere únicamente estar en contacto para tener fuerza eléctrica.
- (e) Ninguna de las anteriores es correcta.

La figura de abajo muestra una resistencia conectada a un dispositivo eléctrico. **I** y **J** son dos puntos en los cables de conexión ubicados en lados opuestos de la resistencia. El dispositivo puede provocar cualquiera de las siguientes situaciones:

Dispositivo



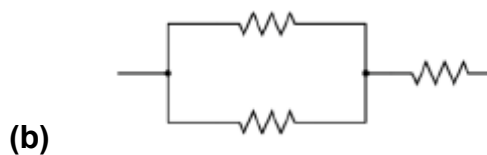
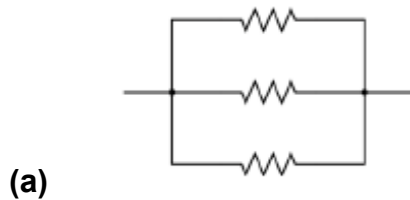
Resistor

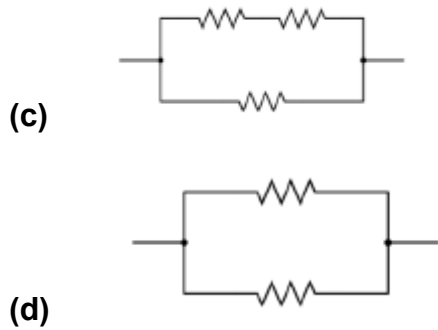
- (1) Dejar que los electrones entren, pero no a la resistencia.
- (2) Dejar que los electrones entren y salgan de la resistencia.
- (3) Tener el mismo potencial eléctrico (voltaje) en el punto I y J.
- (4) Una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre los puntos I y J.

11. ¿Cuál de las situaciones anteriores puede hacer que una corriente eléctrica fluya a través de la resistencia?

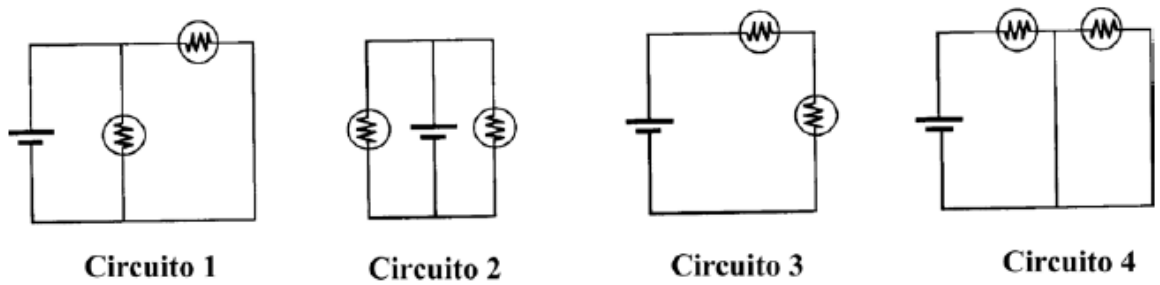
- (a) (1) y (3)
- (b) (2) y (3)
- (c) (2) y (4)
- (d) (1), (2) y (3)
- (e) (2), (3) y (4)

12. Considere las configuraciones de resistencias dadas a continuación. Todas las resistencias son idénticas. ¿Qué configuración tiene la resistencia más baja?





13. ¿Cuál (es) circuito (s) de los que aparecen a continuación representa (n) a un circuito que consiste en dos bombillas en paralelo con la batería?



- (a) Circuito 1
- (b) Circuito 2
- (c) Circuito 3
- (d) Circuito 1 y 2
- (e) Circuito 1, 2 y 4

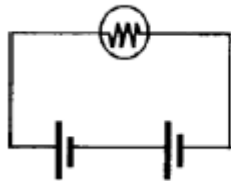
14. Compare la resistencia de la rama 1 con la resistencia de la rama 2. Considere una rama como una sección de un circuito.



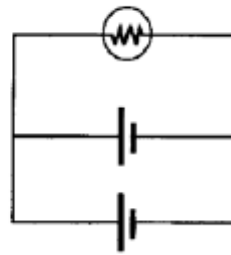
La resistencia de la rama 1 es: _____ la resistencia de la rama 2.

- (a) **Cuatro veces**
- (b) **El doble de**
- (c) **Igual a**
- (d) **La mitad de**
- (e) **Un cuarto de**

15. Compare la brillantez de la bombilla en el circuito 1 y en el circuito 2. ¿Cuál bombilla es más brillante?



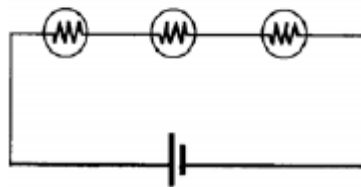
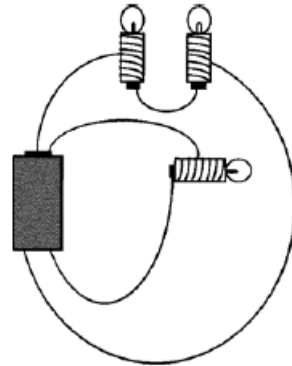
Circuito 1



Circuito 2

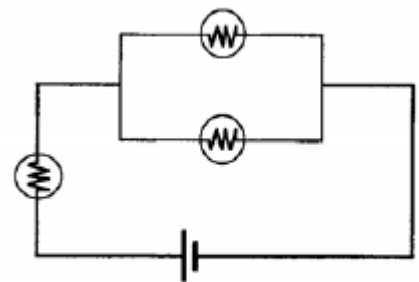
- (a) **La bombilla del circuito 1 porque dos baterías en serie proveen menos voltaje.**
- (b) **La bombilla del circuito 1 porque dos baterías en serie proveen más voltaje.**
- (c) **La bombilla en circuito 2 porque dos baterías en paralelo proveen menos voltaje.**
- (d) **La bombilla del circuito 2 porque dos baterías en paralelo proveen más voltaje.**
- (e) **Ninguna, ambos circuitos son iguales.**

16. A continuación, se muestra un circuito representado por bombillas ¿Cuál diagrama esquemático representa mejor el circuito real de la figura?



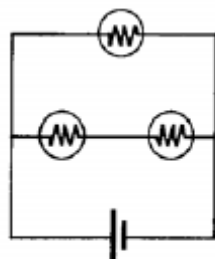
Circuito 1

(a)



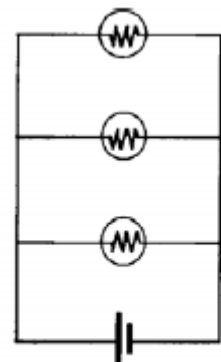
Circuito 2

(b)



Circuito 3

(c)

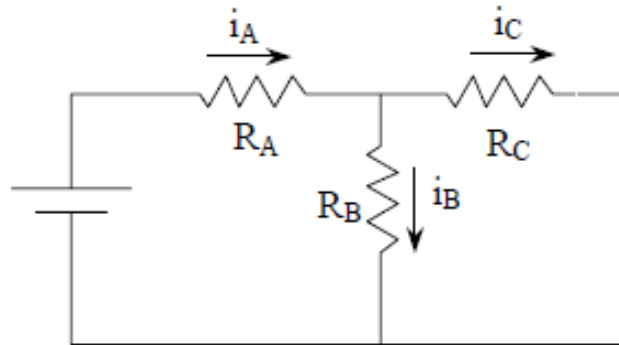


Circuito 4

(d)

(e) Ningún diagrama cumple con el circuito presentado.

En la figura se tiene que las tres resistencias son idénticas, $R_a = R_b = R_c$



17. ¿Qué se puede afirmar sobre la corriente i_a través de R_a ?

(a) $i_a = i_b$, únicamente

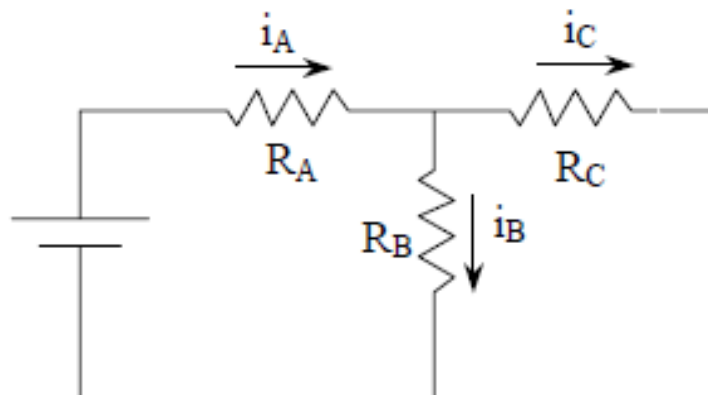
(b) $i_a = i_c$, únicamente

(c) $i_a = i_b = i_c$

(d) $i_a = i_b + i_c$

(e) $i_a = i_b - i_c$

En la figura se tiene que las tres resistencias son idénticas, $R_a = R_b = R_c$



18. ¿Cuál es la relación entre i_b e i_c ?

(a) $i_b = 1/3i_c$

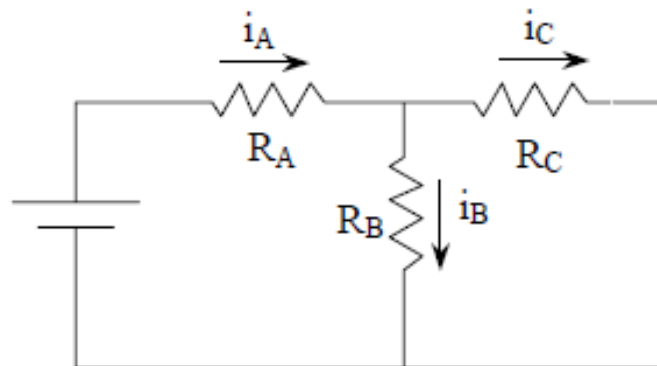
(b) $i_b = 1/2i_c$

(c) $i_b = i_c$

(d) $i_b = 2i_c$

(e) $i_b = 3i_c$

En la figura se tiene que las tres resistencias son, $R_a = R_b = 1/2R_c$



19. ¿Cuál es la relación entre i_b e i_c ?

(a) $i_b = 1/3i_c$

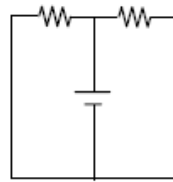
(b) $i_b = 1/2i_c$

(c) $i_b = i_c$

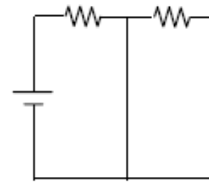
(d) $i_b = 2i_c$

(e) $i_b = 3i_c$

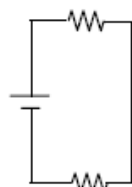
Cada uno de los cinco diagramas a continuación muestra dos resistencias conectadas de manera especial a una batería de celda seca. $\text{---}\text{---}\text{---}$ representa una resistencia; --- representan una batería.



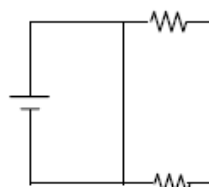
(1)



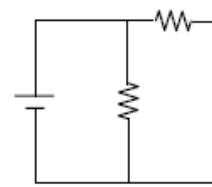
(2)



(3)



(4)



(5)

20. ¿Cuál de los diagramas anteriores representa dos resistencias en serie con la batería?

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

II. Referencias

La siguiente prueba es una adaptación construida a partir de las pruebas validadas por la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPT) mediante su recurso Web de apoyo a la enseñanza de la física PhysPort. [<https://www.physport.org/>]. Para esta prueba se consideró los siguientes instrumentos:

- D. Maloney, T. O'Kuma, C. Hieggelke y A. Van Heuvelen, *Estudio de los conocimientos conceptuales de los estudiantes sobre electricidad y magnetismo*, Am. J. Phys. 69 (S1), S12 (2001).
- D. Sokoloff, *Enseñanza de conceptos de circuitos eléctricos utilizando sondas de corriente / voltaje basadas en microcomputadoras*, presentado en el Taller de investigación avanzada de la OTAN sobre laboratorios basados en microcomputadoras, Amsterdam, Países Bajos, 1992.
- M. McColgan, R. Finn, D. Broder y G. Hassel. *Evaluación del conocimiento conceptual de los estudiantes sobre electricidad y magnetismo*, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 13 (020121), (2017).
- P. Engelhardt y R. Beichner, *comprensión de los estudiantes de circuitos eléctricos resistivos de corriente continua*, enm. J. Phys. 72 (1), 98 (2004).
- I. Halloun, *Inventory of Basic Conceptions in DC Circuits*, (2006). Extraído de [http://www.halloun.net/?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=6]
- L. Ding, R. Chabay, B. Sherwood y R. Beichner, *Evaluación de una herramienta de evaluación de electricidad y magnetismo: Breve evaluación de electricidad y magnetismo*, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 2 (1), 7 (2006).

Cuadro de respuestas

<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>	<i>Test AAPT (# de ítem)</i>	<i>Fenómeno / Concepto</i>
1	A	BEMA (1)	Ley de Coulomb
2	A	BEMA (2)	Ley de Coulomb
3	C	BEMA (3)	Ley de Coulomb
4	D	DIRECT (23)	Ley de Ohm
5	B	BEMA (8)	Ley de Ohm
6	E	BEMA (11)	Circuito en serie y paralelo
7	B	CSEM (8)	Ley de Coulomb
8	C	DIRECT (8)	Ley de Ohm
9	E	BEMA (10)	Ley de Ohm
10	C	EMCA (1)	Ley de Coulomb
11	C	IBCDC (15)	Ley de Ohm
12	B	EMCA (17)	Circuito serie y paralelo
13	D	DIRECT (4)	Circuito en serie y paralelo
14	A	DIRECT (5)	Circuito en serie y paralelo
15	B	DIRECT (7)	Circuito en serie y paralelo
16	C	DIRECT (13)	Leyes de Kirchhoff
17	D	ECCE (31)	Leyes de Kirchhoff
18	C	ECCE (32)	Leyes de Kirchhoff
19	D	ECCE (34)	Leyes de Kirchhoff
20	B	IBCDC (12)	Circuito en serie y paralelo

Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR.

Encuesta sobre la utilización del cuaderno de prácticas en la unidad de electricidad para las clases de física con laboratorio de 11 nivel del Colegio Científico de San Ramón

Esta breve encuesta fue confeccionada por el profesor de la materia de física con laboratorio del Colegio Científico de San Ramón, a fin de evaluar el grado de aceptación de las prácticas dispuestas en las clases de física con laboratorio en la unidad de electricidad durante el segundo cuatrimestre 2020.

Se le agradece su responsabilidad y honestidad al responder las preguntas a continuación.

La información proporcionada se utilizará exclusivamente con fines académicos y de investigación.

***Obligatorio**

1. ¿Cuántos años tiene actualmente? *

2. ¿Su grado de satisfacción general con el uso de este tipo de prácticas en la unidad de electricidad fue? *

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

3. ¿Considera oportuno que las clases de laboratorio en física incorpore otras modalidades como los laboratorios remotos (LR), laboratorios virtuales (LV) y laboratorios presenciales (LP)? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

4. Dadas las circunstancias del COVID-19. ¿Considera que el diseño de estas prácticas de electricidad favoreció para seguir con el desarrollo de la materia? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

5. Dada las circunstancias del COVID-19. ¿Que aportes o deficiencias puede mencionar sobre el diseño de este tipo de prácticas empleadas en la unidad de electricidad?

6. ¿Cuál fue el grado de satisfacción con el diseño de la prácticas en el formato presentado(sesión previa al laboratorio, ejecución del laboratorio y sesión posterior al laboratorio) en las prácticas de la unidad de electricidad? *

Marca solo un óvalo.

0 1 2 3 4 5

Muy malo Excelente

7. ¿Considera que el diseño de este tipo de prácticas favorece al estudiante a comprender el fenómeno físico que se estudia a través de la experimentación? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

8. ¿Considera que el diseño de este tipo de prácticas favorece al estudiante en la recolección de datos, cálculos y/o observaciones para que posteriormente pueda realizar informes o proyectos del tema estudiado? *

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

9. Respecto a la parte de procedimiento en todas las prácticas de electricidad. ¿Cuánto considera que están escritos o diseñados para poblaciones del Sistema de Colegios Científicos de Costa Rica u otro tipo de modalidad de colegios del Ministerio de Educación Pública?

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

10. ¿Considera que las sesiones previas al laboratorio y posterior al laboratorio, contribuyen a un mejor desarrollo del experimento?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

11. ¿Cuál fue el grado de satisfacción con el uso de las síntesis para recopilar sus resultados y/o observaciones?

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

12. Respecto al diseño de la rubrica de evaluación para las prácticas de electricidad ¿Considera que el instrumento permite guiar adecuadamente a los estudiantes en cuanto a las valoraciones y recomendaciones que el docente le señaló?

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Muy malo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

13. ¿El diseño numérico de evaluación de la rubrica se ajusta adecuadamente al formato de las prácticas empleadas en la unidad de electricidad?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

14. ¿Que recomendaciones o aspectos que le gustaron podria mencionar sobre el uso de este tipo de prácticas empleadas en la unidad de electricidad? Puede mencionar cualquier aspecto a modo general que le cautivó su interés. *

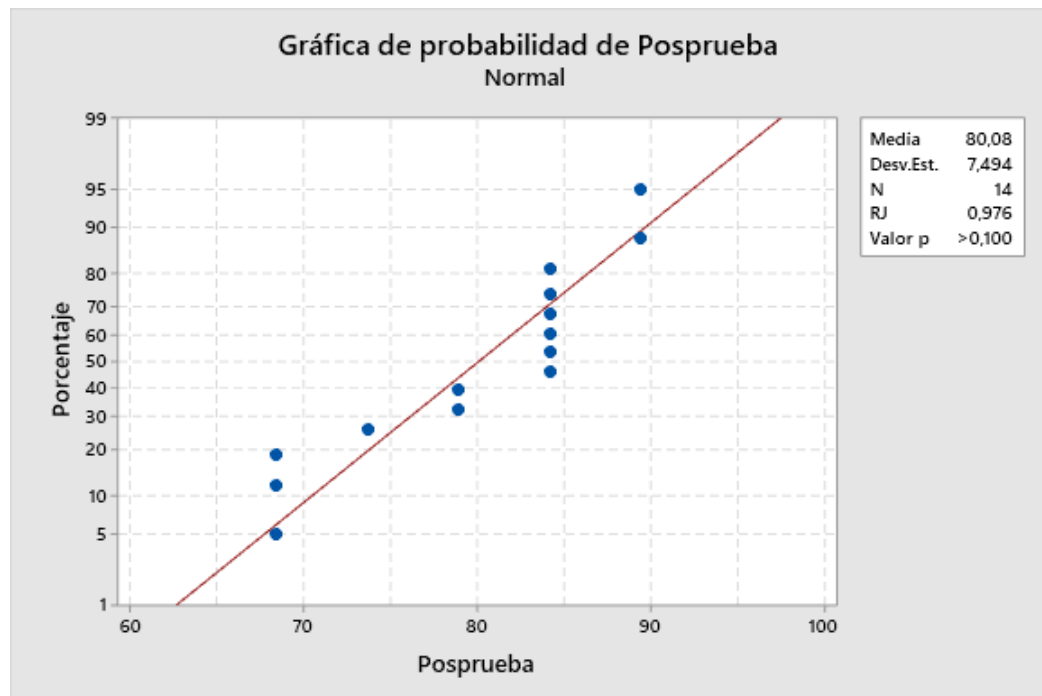
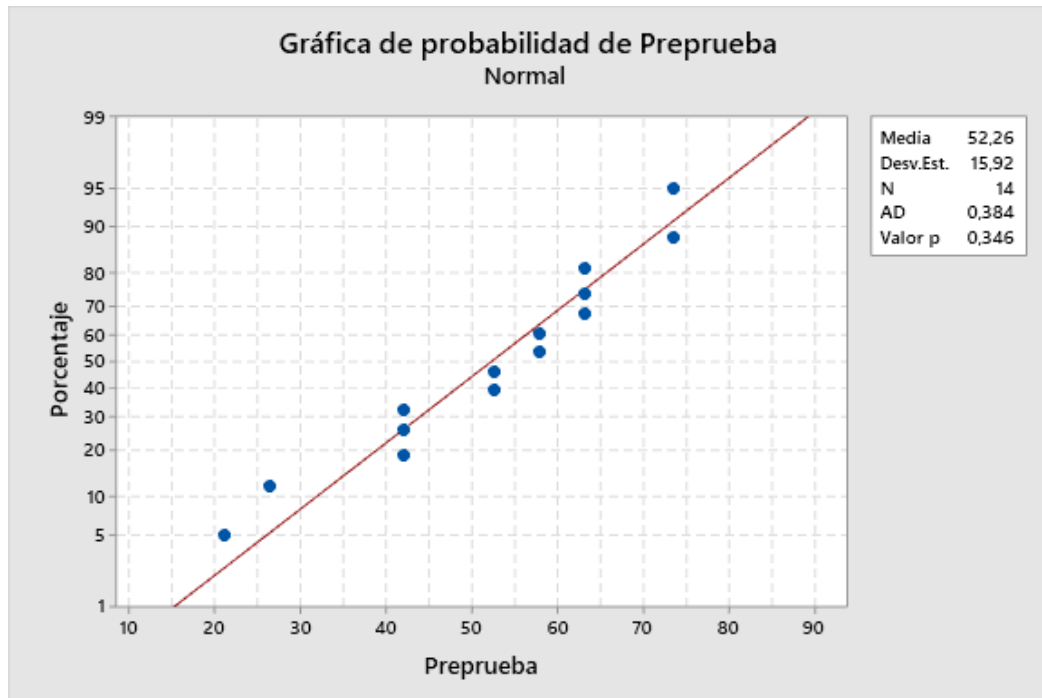
Anexo 4. Rubrica para evaluar prácticas experimentales de física.

Criterio experimental	Comentarios de retroalimentación ¿cómo podrías mejorar tu puntaje?	Posibles puntos	Puntos obtenidos
Indagando y preparación (Sesión previa al laboratorio)	<input type="checkbox"/> No realiza la sesión previa acorde a lo que se le solicitó. <input type="checkbox"/> Le faltó aplicar buen análisis a la solución de la sesión previa. <input type="checkbox"/> No ejecuta una correcta preparación del laboratorio para la recopilación de los resultados.	30	
Tratamiento (Datos, Gráficos y cálculos)	<input type="checkbox"/> Los datos sin procesar no están presentes / no están claros / no están organizados. <input type="checkbox"/> Los datos sin procesar deben transformarse en datos procesados. <input type="checkbox"/> Los datos procesados no están presentes / no están claros / desorganizado <input type="checkbox"/> Gráfico: no está presente <input type="checkbox"/> Gráfico: no utiliza sus datos reales <input type="checkbox"/> Patrón de datos: debe interpretar con precisión los datos o gráficos <input type="checkbox"/> Cálculos: no están presentes <input type="checkbox"/> Cálculos: no se realizan adecuadamente	40	
Evaluando (Conclusión, Aplicación y sesión posterior al laboratorio)	<input type="checkbox"/> Procedimiento: Describe y explique las mejoras al método <input type="checkbox"/> Discusión: Apoye su evaluación con razonamiento científico y evidencia. <input type="checkbox"/> Discusión y conclusiones: Aplica sus resultados a una situación del mundo real <input type="checkbox"/> Faltó procesos en la sesión posterior a laboratorio de forma correcta. <input type="checkbox"/> Le faltó aplicar buen análisis a la solución de la sesión posterior. <input type="checkbox"/> No realiza un proceso acorde al análisis de las incertidumbres	30	
Formato y preguntas	<input type="checkbox"/> Datos: use correcto número de cifras significativas y notación en los cuadros y tablas de datos. <input type="checkbox"/> Datos: use unidades requeridas y formato en cada punto de datos. <input type="checkbox"/> Datos: muestra cálculos de muestra o referencia. <input type="checkbox"/> Gráfico: los ejes deben estar rotulados, con su simbología y unidad. Además, tener números espaciados uniformemente. <input type="checkbox"/> Gráfico: deben tener un título. <input type="checkbox"/> Gráfico: Dibuje una línea de mejor ajuste con su respectiva curva y muestre su función e índice de correlación. <input type="checkbox"/> Discusión y resultados: Use oraciones completas y gramaticalmente correctas. <input type="checkbox"/> Use el color de letra que se le solicitó. <input type="checkbox"/> Entregue el documento en el formato y nombre que se le solicitó.	-10	
Plagio	<input type="checkbox"/> Copia y permite copiar.	-100	
		Puntaje total	---
		Nota final	---

Fuente: Adaptación de Arias, E. 2020 de Folsom Cordova, 2015. [En línea]:

<https://www.fcusd.org/cms/lib03/CA01001934/Centricity/Domain/3740/PhysicsLabReportRubric.pdf>

Anexo 5. Ajustes de pruebas de normalidad a la preprueba y posprueba.



Anexo 6. Ilustraciones de gráficos con nivel alto de satisfacción y efectividad.

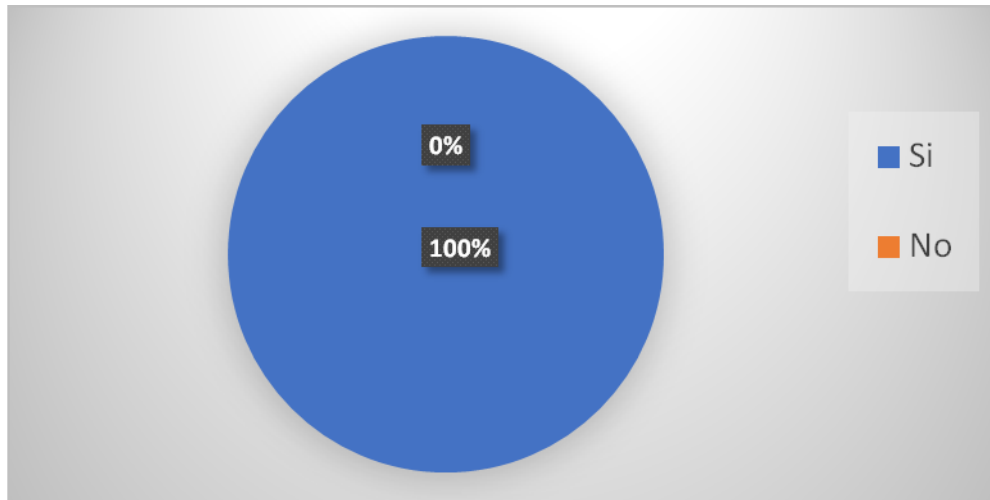


Ilustración 1. Consideración de cómo el diseño de este tipo de prácticas favoreció al estudiante a comprender el fenómeno físico que se estudia a través de la experimentación.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

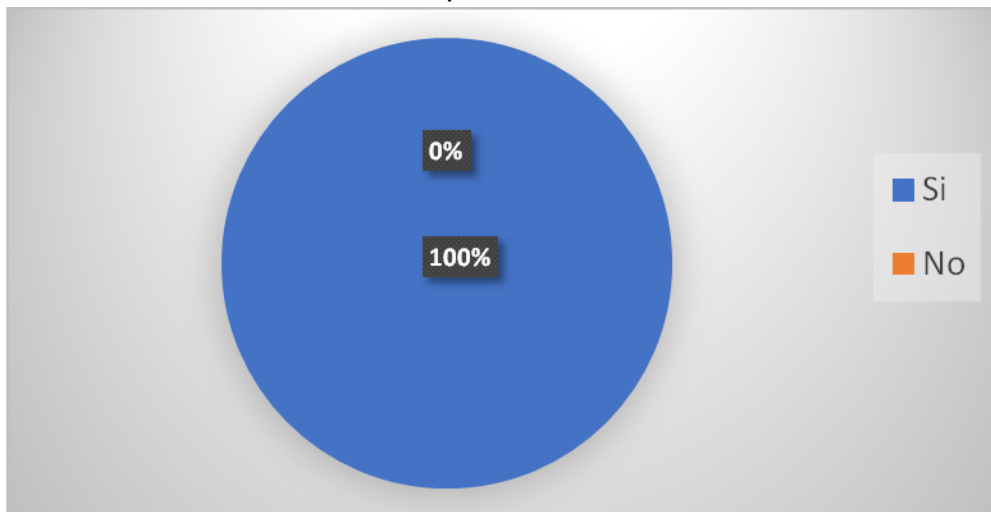


Ilustración 2. Se consideró oportuno que las clases de laboratorio en física incorporará otras modalidades como los laboratorios remotos (LR), laboratorios virtuales (LV) y laboratorios presenciales (LP).

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

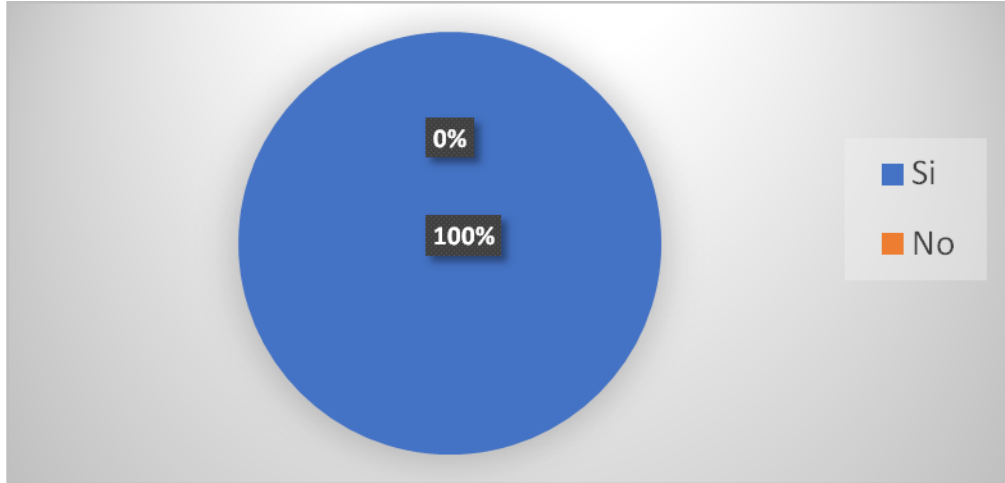


Ilustración 3. El diseño numérico de la rúbrica se ajusta adecuadamente al formato de las prácticas empleadas con la unidad de electricidad.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.

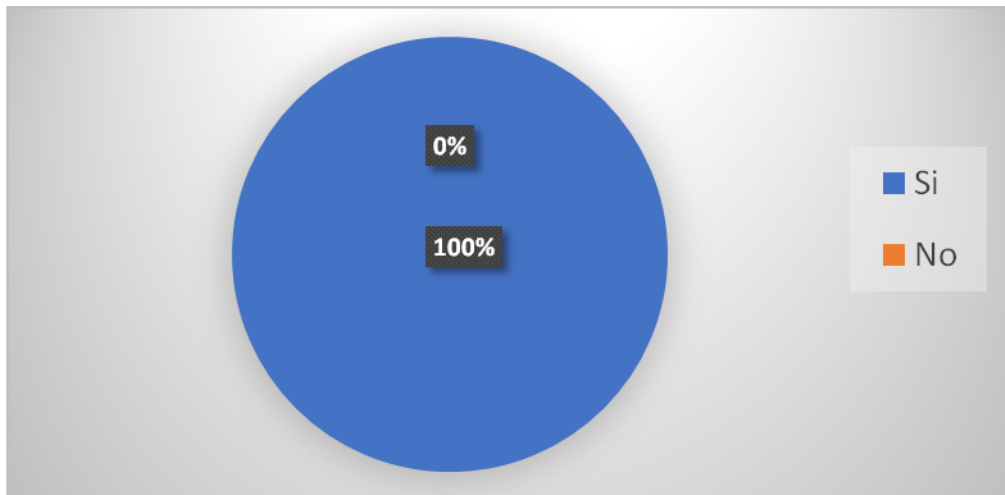


Ilustración 4. Dadas las circunstancias del COVID-19, consideración que el diseño de estas prácticas de electricidad favoreció para seguir con el desarrollo de la materia.

Fuente: Anexo 3. Cuestionario aplicado a estudiantes del CCCSR., 2020.