



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN,
HUMANAS Y TECNOLOGÍAS**

CARRERA DE CIENCIAS EXACTAS

Propuesta didáctica " Teorema de Lamy" para el desarrollo de
competencias en la resolución de problemas de equilibrio de
fuerzas concurrentes.

**Trabajo de titulación para optar al título de Licenciado en Ciencias de
la Educación, Profesor de Ciencias Exactas**

Autor:

Hugo Rolando Villagómez Sánchez

Tutora:

Dra. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Hugo Rolando Villagómez Sánchez, con cédula de ciudadanía 220005845-7, autor del trabajo de investigación titulado: PROPUESTA DIDÁCTICA " TEOREMA DE LAMY" PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS CONCURRENTES, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 02 de septiembre del 2024.



Hugo Rolando Villagómez Sánchez
C.C. 220005845-7

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Narcisa de Jesús Sánchez Salcán catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: PROPUESTA DIDÁCTICA " TEOREMA DE LAMY" PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS CONCURRENTES, bajo la autoría de Hugo Rolando Villagómez Sánchez; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 12 días del mes de septiembre 2024.



Dra. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán
C.C. 0602924250

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL


Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación PROPUESTA DIDÁCTICA "TEOREMA DE LAMY" PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS CONCURRENTES, presentado por Hugo Rolando Villagómez Sánchez, con cédula de identidad 220005845-7, bajo la tutoría de la PhD. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 02 días del mes de septiembre de 2024.

Msc. Sandra Elizabeth Tenelanda Cudco.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. Carmen Varguillas Carmona.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dr. Luis Fernando Pérez Chávez.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán.
TUTORA



CERTIFICADO ANTIPLAGIO

Que, VILLAGÓMEZ SÁNCHEZ HUGO ROLANDO con CC: 220005845-7, estudiante de la Carrera de CIENCIAS EXACTAS, Facultad de CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, HUMANAS Y TECNOLOGÍAS; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado PROPUESTA DIDÁCTICA " TEOREMA DE LAMY" PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE EQUILIBRIO DE FUERZAS CONCURRENTES, cumple con el 4 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio TURNITIN, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 03 de octubre de 2024.



Dra. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán
C.C. 0602924250

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi familia. Principalmente, a la memoria de mi padre José Daniel Villagómez quién sembró en mi ser esta pasión por la matemática y por la labor docente. Gracias por enseñarme que el estudio es el único medio mediante el cual el ser humano triunfará en la vida, que con esfuerzo, dedicación y perseverancia se logra cualquier meta que uno se proponga por más adversas que sean las circunstancias.

A mis hij@s Maximiliano y Cattaleya, quienes son mi fortaleza para superarme día tras día.

- Hugo Villagómez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme este regalo maravilloso que es la vida y por poder ir cumpliendo con cada una de las metas que me he propuesto en mi proyecto de vida.

También quiero agradecer a los/as docentes de la Universidad Nacional “Chimborazo” por los conocimientos impartidos que han sido de gran ayuda en mi vida profesional y personal.

De manera especial, agradezco a mi tutora, PhD. Narcisa de Jesús Sánchez Salcán, por su invaluable apoyo, paciencia y orientación en la realización de este trabajo. Su compromiso y excelente asesoramiento fueron pilares esenciales para culminar este proceso con éxito.

Finalmente quiero agradecer a mi esposa quien ha estado siempre a mi lado en los momentos más difíciles durante mis jornadas de estudio.

- Gracias a todos

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I **15**

I INTRODUCCIÓN **15**

1.1	Antecedentes	16
1.2	Planteamiento del problema	18
1.2.1	Formulación del problema	20
1.2.2	Preguntas directrices	20
1.3	Justificación	20
1.4	Objetivos	21
1.4.1	Objetivo general	21
1.4.2	Objetivos específicos	22

CAPÍTULO II **23**

II MARCO TEÓRICO **23**

2.1	Estado del arte	23
2.2	Mecánica	24
2.2.1	Estática	24
2.3	Fuerza	26
2.3.1	Teoría de transmisibilidad de una fuerza	27

2.3.2	Representación de una fuerza	27
2.3.3	Tipos de fuerzas	28
2.3.3.1	Fuerzas externas:	28
2.3.3.2	Fuerzas internas:	29
2.3.4	Sistema de fuerzas	30
2.3.4.1	Fuerzas coplanares:	30
2.3.4.2	Fuerzas concurrentes y no concurrentes	31
2.4	Diagrama de cuerpo libre	32
2.4.1	Procedimiento para realizar el diagrama de cuerpo libre	33
2.4.2	Ejemplos de diagrama de cuerpo libre	33
2.5	Estado de equilibrio de un objeto	36
2.5.1	Condiciones de equilibrio del objeto.	36
2.5.2	Corolario de las condiciones de equilibrio	37
2.5.3	Métodos para abordar el problema del equilibrio de fuerzas de puntos comunes	37
2.6	Teorema de Lamy	38
2.6.1	Enunciado del Teorema de Lamy	38
2.6.2	Derivación del Teorema de Lamy	39
2.6.3	Condiciones para aplicar el Teorema de Lamy	40
2.6.4	Resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes aplicando el Teorema de Lamy	40
2.7	Proceso de resolución de problema Método de Pólya	43
2.8	Competencias	45
2.8.1	Características de las actividades bajo el aprendizaje por competencias	46
2.8.2	Competencias en la resolución de problemas	47
CAPÍTULO III		48
III	MARCO METODOLÓGICO	48
3.1	Tipo de investigación	48
3.1.1	Según el enfoque	48
3.1.2	Según el lugar	48
3.1.3	Según el tiempo	48
3.1.4	Según su nivel de profundidad	49
3.2	Diseño de la investigación	49
3.3	Descripción de la operacionalización de variables	49
3.3.1	Variable independiente	50
3.3.2	La variable dependiente	50
3.4	Técnica e instrumento para la recolección de datos	51
3.4.1	Técnicas	51
3.4.2	Instrumentos	51
3.5	Validez y confiabilidad de los instrumentos	51
3.5.1	Validez	51

3.5.1.1	Validación de Contenido	52
3.5.1.2	Validación de Constructo	53
3.5.2	Confiabilidad	53
3.6	Población y muestra	54
3.6.1	Población	54
3.6.2	Muestra	55
3.7	Hipótesis de investigación	55
3.8	Métodos de análisis, y procesamiento de datos.	56
3.8.1	Método de análisis	56
3.8.1.1	Inductivo - Deductivo	56
3.8.1.2	Analítico - Sintético	56
3.8.2	Procesamiento de datos	57
3.8.2.1	Recolección de datos	57
3.8.2.2	Análisis cuantitativo	57
3.8.2.3	Procesamiento de datos	57
3.8.2.4	Análisis cualitativo:	57
3.8.2.5	Validación de resultados:	58
CAPÍTULO IV		59
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1	Tabulación de los resultados del cuestionario	59
4.1.1	Comprensión de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes	59
4.1.2	Identificación de datos en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes	61
4.1.3	Aplicación del Teorema de Lamy y Leyes de Física en la resolución de problemas	63
4.1.4	Ejecución de cálculos en la resolución de problemas	65
4.1.5	Verificación de resultados	67
4.1.6	Creatividad en la solución del problema	69
4.2	Proceso de prueba de hipótesis	72
4.2.1	VARIABLES DE ESTUDIO	72
4.2.2	Formulación de hipótesis	72
4.2.3	Elección del estadístico de prueba	72
4.2.4	Especificación del nivel de significancia	72
4.2.5	Establecimiento de la regla de decisión	72
4.2.6	Cálculos estadísticos de la prueba de hipótesis	72
4.2.7	Decisión final	74
4.3	Discusión de resultados	74
CAPÍTULO V		77
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77

5.1	Conclusiones	77
5.2	Recomendaciones	78
CAPÍTULO VI		79
VI	PROPUESTA	79
6.1	Título de la propuesta	79
6.2	Objetivo de la propuesta	79
6.3	Justificación de la propuesta	79
6.4	Fundamentación de la propuesta	80
6.5	Diseño de la propuesta	80
6.6	Validación de la propuesta	82
6.7	Presentación de la propuesta didáctica	82
REFERENCIAS		83
ANEXOS		88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Descripción del método para resolver problemas de equilibrio de fuerzas.	38
Tabla 3.1	<i>Resultados de validación del cuestionario</i>	52
Tabla 3.2	<i>Estadísticas de fiabilidad del cuestionario</i>	54
Tabla 3.3	<i>Rangos de Fiabilidad</i>	54
Tabla 3.4	<i>Población</i>	55
Tabla 4.1	<i>Valores de probabilidad</i>	73
Tabla 4.2	<i>Valores típicos utilizados para interpretar la V de Cramer:</i>	73
Tabla 6.1	<i>Validación de la propuesta didáctica: Expertos</i>	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1	<i>Ejemplos prácticos de fuerzas</i>	26
Figura. 2.2	<i>Transmisibilidad de la fuerza</i>	27
Figura. 2.3	<i>Características de una fuerza.</i>	28
Figura. 2.4	<i>Visualización de las Fuerzas externas</i>	29
Figura. 2.5	<i>Visualización de las fuerzas internas</i>	30
Figura. 2.6	<i>Representación de fuerzas coplanares y no coplanares.</i>	31
Figura. 2.7	<i>Representación de fuerzas concurrentes y no concurrentes.</i>	31
Figura. 2.8	<i>Diagrama de cuerpo libre.</i>	32
Figura. 2.9	<i>Diagrama de cuerpo libre: caso 1</i>	34
Figura. 2.10	<i>Diagrama de cuerpo libre: caso 2</i>	34
Figura. 2.11	<i>Diagrama de cuerpo libre: caso 3</i>	35
Figura. 2.12	<i>Diagrama de cuerpo libre: caso 4.</i>	35
Figura. 2.13	<i>Diagrama de cuerpo libre: caso 5.</i>	36
Figura. 2.14	<i>Enunciado Teorema de Lamy</i>	39
Figura. 2.15	<i>Derivación del Teorema de Lamy.</i>	39
Figura. 2.16	<i>Los cuatro pasos de Pólya en la resolución de problemas</i>	45
Figura. 2.17	<i>Aprendizaje significativo por competencias</i>	46
Figura. 4.1	<i>Comprensión de los problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes</i>	60
Figura. 4.2	<i>Identificación de datos en la resolución de problemas</i>	62
Figura. 4.3	<i>Aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas</i>	64
Figura. 4.4	<i>Ejecución de cálculos en la resolución de problemas</i>	66
Figura. 4.5	<i>Verificación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas</i>	68
Figura. 4.6	<i>Creatividad en la solución del problema</i>	70

RESUMEN

La adquisición de competencias para la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes es un aspecto clave en la formación de futuros docentes de física. Este trabajo de investigación presenta una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy, orientada a desarrollar dichas competencias en los estudiantes, facilitando la resolución de problemas relacionados con el equilibrio de fuerzas concurrentes. La propuesta se sustenta en una metodología que integra el enfoque teórico con actividades prácticas, lo que permite a los estudiantes asimilar los principios fundamentales del equilibrio estático. La investigación sigue un enfoque cuantitativo de tipo transversal y explicativo. Para evaluar la efectividad de la propuesta didáctica, se implementó un diseño de pretest-postest con un solo grupo de 19 estudiantes de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemáticas y Física, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Como técnicas para la recolección de los datos se aplicaron la encuesta y la observación estructurada. Se utilizaron diversas metodologías activas con el fin de facilitar un aprendizaje significativo. Los resultados esperados incluyen mejoras en las habilidades de análisis y resolución de problemas físicos, promoviendo una comprensión más profunda de los conceptos de estática y equilibrio en cuerpos.

Palabras clave: Propuesta didáctica, Equilibrio de fuerzas, Metodología didáctica, Competencias científicas, Enseñanza de la física.

ABSTRACT

The acquisition of skills for solving concurrent force equilibrium problems is a crucial aspect of training future physics teachers. This research work presents a didactic proposal based on Lamy's Theorem, which is oriented to develop such competencies in students, facilitating the resolution of problems related to the Equilibrium of concurrent forces. The proposal is based on a methodology that integrates the theoretical approach with practical activities, allowing students to assimilate static Equilibrium's fundamental principles. The research follows a quantitative, cross-sectional, and explanatory approach. To evaluate the effectiveness of the didactic proposal, a pretest-posttest design was implemented with a single group of 19 students of the Pedagogy of Experimental Sciences: Mathematics and Physics, selected using a non-probabilistic intentional sampling. Surveys and structured observation were used as data collection techniques. Several active methodologies, such as problem-based learning and graphic representation, were used to facilitate meaningful learning. The expected results include improvements in analyzing and resolving physical problems, promoting a deeper understanding of statics and Equilibrium in rigid bodies.

Keywords: Didactic proposal, Equilibrium of forces, Didactic methodology, Scientific competencies, Teaching physics.



Firmado electrónicamente por:
JENIFFER VANESSA
PALACIOS MORENO

Reviewed by:

Msc. Vanessa Palacios

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603247487

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo, el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física se enfrenta constantemente al desafío de lograr que los estudiantes comprendan y apliquen conceptos abstractos en contextos prácticos. Uno de estos conceptos fundamentales es el equilibrio de fuerzas concurrentes, que juega un papel crucial en diversas disciplinas como la física, la ingeniería y la arquitectura.

La resolución de problemas ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades para resolver problemas en el mundo real Sukariasih et al. (2020), e influye en cómo construyen sus pensamientos y conocimientos Fitriani et al. (2020). La resolución de problemas brinda a los estudiantes la oportunidad de trabajar con sus compañeros, interactuar socialmente, compartir nuevas ideas Sutarmi & Suarjana (2017), pensar críticamente y organizar ideas creativas para resolver el problema.

La resolución de problemas relacionados con el equilibrio de fuerzas concurrentes implica la comprensión de principios físicos complejos y su aplicación en situaciones prácticas. Sin embargo, muchos estudiantes encuentran dificultades para abordar este tipo de problemas de manera efectiva, lo que puede obstaculizar su desarrollo de competencias en el área de la física y disciplinas afines.

En este contexto, la presente investigación se centra en la propuesta didáctica del "Teorema de Lamy" como una estrategia pedagógica para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

El Teorema de Lamy, un concepto poco conocido en el campo de la estática, ofrece una herramienta matemática que simplifica la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes al reducir la cantidad de ecuaciones necesarias para su solución.

El objetivo principal de este proyecto de investigación es: Desarrollar una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy que facilite el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes en estudiantes de 2do semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias experimentales: Matemática y la Física.

A través de esta propuesta didáctica, se busca no solo mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes sobre el equilibrio de fuerzas concurrentes, sino también promover su capacidad para aplicar estos conocimientos en contextos prácticos y multidisciplinarios. De igual forma, pretende contribuir al desarrollo de una educación más integral y competencial, mediante la incorporación de recursos didácticos que faciliten la comprensión y aplicación del Teorema de Lamy en el contexto del equilibrio de fuerzas concurrentes. Con ello, se espera que los estudiantes adquieran no solo conocimientos, sino también las competencias necesarias para enfrentar los retos que plantea el estudio de la física en los niveles educativos superiores.

Este proyecto de investigación se ejecuta en los estudiantes del 2do Semestre de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemática y la Física de la Universidad Nacional de Chimborazo del periodo académico Mayo 2021 - Octubre 2021, está conformado por seis capítulos donde se encontrará aspectos relevantes:

Dentro del capítulo I se encuentra la introducción, el Marco Referencial, presentando los antecedentes, el planteamiento del problema, la formulación del problema, preguntas directrices, la justificación donde se encuentra la razón de la investigación y teniendo claro los objetivos.

El capítulo II abarca el marco teórico donde se considera algunos trabajos investigados que se han realizado recientemente en torno al presente proyecto de investigación, las mismas que sirvieron como base para fundamentar ciertos aspectos relacionados con las variables en estudio.

El capítulo III está presente el marco metodológico donde se describe el enfoque, el tipo, diseño de la investigación, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos, población y muestra de estudio.

El capítulo IV comprende el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la investigación.

El capítulo V describe las conclusiones, las mismas que se basan en función de los objetivos planteados en el presente estudio, y por último se presentan las recomendaciones.

El capítulo VI describe la propuesta y todos los detalles que esta presenta para su elaboración y manejo.

1.1 Antecedentes

Para comenzar el estudio acerca de La propuesta didáctica del Teorema de Lamy para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, ha sido necesario indagar y reconocer que existe información que permite establecer un punto de partida, de tal forma en este apartado se recopilan estudios, hallazgos y reflexiones de autores que han contribuido a esta temática.

El estudio que titula: Aplicación del proceso de resolución de problemas de G. Polya a la enseñanza de la física en secundaria, realizado por Nguyn et al. (2023) donde los experimentos pedagógicos fueron realizados en los institutos Phan Huy Chu y Doan Thi Diem, ciudad de Hanói, en este estudio se investiga la aplicación del proceso de resolución de problemas en cuatro pasos de G. Polya en la enseñanza de la Física. Este método de enseñanza ayuda a los estudiantes a adquirir y desarrollar habilidades de resolución de problemas en el aprendizaje, como: (1) Comprensión del problema; (2) Elaboración de un plan; (3) Ejecución del plan; (4) Mirar atrás y reflexionar. Una sesión didáctica experimental sobre «algunas fuerzas en la práctica» para 300 alumnos de décimo curso de dos escuelas secundarias. Los resultados experimentales muestran que más del 80% de los alumnos

han mejorado significativamente sus capacidades de resolución de problemas. Se espera que estos resultados experimentales permitan a profesores y alumnos enseñar y aprender Física de forma eficaz, cumpliendo con los resultados esperados del Programa de Educación General.

Los investigadores combinaron métodos cuantitativos y cualitativos; utilizaron métodos cuantitativos para analizar datos cuantitativos obtenidos de pruebas de habilidades para la resolución de problemas y emplearon métodos de investigación cualitativos para interpretar mejor los resultados de la investigación de prueba a partir de los resultados cuantitativos.

Para recopilar datos utilizaron observaciones, entrevistas y pruebas de respuesta construida, observaron durante la clase el proceso de aprendizaje y evaluaron las habilidades de resolución de problemas con Rúbrica. Después de cada sesión experimental, utilizaron una prueba de respuesta construida de 25 minutos en donde las puntuaciones se convirtieron en porcentajes para determinar qué tan bien estaban progresando los estudiantes en el cumplimiento de los pasos del proceso de enseñanza de Polya. Los resultados de las evaluaciones las analizaron y representaron gráficamente utilizando el software MS Excel.

Yang (2016), ha llevado a cabo una investigación orientada al estudio sobre el uso de una aplicación móvil para ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades necesarias para resolver problemas de equilibrio de fuerzas. Esta aplicación denominada ForceEffect analiza sistemas de cuerpo rígido estáticos utilizando diagramas de cuerpo libre (FBD) y proporciona soluciones en tiempo real. Es un software gratuito que está disponible para descargar en Internet, es fácil de usar y tiene la capacidad de proporcionar a los estudiantes diferentes modalidades de problemas (libro de texto, mundo real y diseño) para ayudarlos a adquirir y mejorar las habilidades que se necesitan para resolver problemas de equilibrio de fuerzas.

Watson, T. (1995) realizaron una investigación que buscó determinar la efectividad relativa de diferentes métodos de enseñanza para enseñar habilidades de resolución de problemas a profesores en formación. Se compararon tres condiciones de enseñanza (didáctica, didáctica + modelado y didáctica + modelado con ensayo/retroalimentación) y una condición de control en cuanto a las medidas de identificación y análisis de problemas. Los resultados indicaron que las condiciones didáctica + modelado y didáctica + modelado con ensayo/retroalimentación fueron superiores a la formación didáctica en la enseñanza de habilidades de resolución de problemas.

A nivel nacional, (Intriago, L., 2020) realizan un trabajo de investigación donde presentan una propuesta didáctica para desarrollar en los estudiantes del Primer Año Universitario en Ecuador la competencia de resolver problemas, donde observan que presentan dificultades con el proceso de resolución de problemas, a partir de las dificultades que se presentan en el nivel precedente. Concluyen que en el contexto ecuatoriano luego de la introducción de las pruebas de ingreso a la educación superior se revelan serias dificultades en la resolución de problemas principalmente de los estudiantes que provienen de las zonas

rurales. Destacan que las principales situaciones problemáticas están asociadas a: Poco interés por la resolución de problemas, Serias dificultades en transformar del lenguaje común al lenguaje algebraico y viceversa y la escasa preparación de los profesores en aspectos metodológicos y de estrategias. Por ello que el objetivo de su trabajo consiste en proponer una alternativa didáctica al desarrollo de la competencia plantear y resolver problemas matemáticos, en el primer año universitario.

A nivel local (Sánchez & Londo, 2018) realizan una investigación para determinar la incidencia del teorema de Lamy en el aprendizaje del equilibrio de tres fuerzas, la investigación la aplican a los estudiantes de la carrera de ciencias exactas de la Universidad Nacional de Chimborazo. La investigación que realizan es cuantitativa correlacional con un diseño cuasi experimental basada en la teoría del aprendizaje significativo planteada por Ausbel. Aplican una prueba no paramétrica denominada estadística de Wilcoxon donde comprueban la diferencia significativa que existe entre la aplicación del Teorema de Lamy y el método analítico de descomposición de fuerzas en la resolución de problemas de equilibrio de tres fuerzas.

Desarrollaron un estudio descriptivo-comparativo con un diseño cuasi-experimental, donde el primer grupo aprendió a resolver problemas de equilibrio de fuerzas utilizando el método analítico o conocido como descomposición vectorial, que es el que suelen aplicar los docentes en la aula y el otro aprendió a resolver problemas utilizando el teorema de Lamy.

La población estuvo constituida por 70 estudiantes y la muestra representativa para la investigación fueron 14 estudiantes de el 3er semestre de ciencias exactas, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional. La implementación de la propuesta la realizaron en 8 sesiones con una duración de dos horas, en la séptima sesión aplicaron pruebas relacionadas específicamente con el tema de equilibrio de fuerzas. Además, aplicaron una ficha de observación con el fin de corroborar que con la aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas relacionados con el equilibrio de tres fuerzas concurrentes, el estudiante logró pasar de lo simple a lo complejo.

1.2 Planteamiento del problema

La enseñanza y aprendizaje de la física, especialmente en lo referente al equilibrio de fuerzas concurrentes, es un desafío constante en el ámbito educativo. La comprensión y aplicación efectiva de conceptos relacionados con el equilibrio de fuerzas es fundamental en disciplinas como la ingeniería, la arquitectura y otras áreas científicas. Sin embargo es innegable que existe un porcentaje muy alto de estudiantes de niveles de bachillerato y universitario del país, que no han desarrollado las competencias necesarias para la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Los estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo, no son la excepción a esta problemática, es por ello que se ha decidido realizar este trabajo de investigación aplicado a los estudiantes del 2do semestre de la Carrera de la Pedagogía de la Matemática y la Física.

La enseñanza de la resolución de problemas es uno de los temas más importantes de la enseñanza de la física, y los estudiantes tienen dificultades para resolverlos (Ince, 2019). Específicamente, muchos estudiantes enfrentan dificultades significativas al abordar problemas que implican el equilibrio de fuerzas concurrentes, lo que puede resultar en un aprendizaje deficiente y una falta de desarrollo de competencias en esta área.

Las limitaciones en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes pueden atribuirse a varios factores. En primer lugar, la complejidad matemática inherente a estos problemas puede resultar abrumadora para los estudiantes, quienes pueden tener dificultades para aplicar correctamente los principios físicos relevantes y para derivar y manipular las ecuaciones necesarias para resolverlos. Además, la falta de comprensión conceptual sobre los fundamentos del equilibrio de fuerzas concurrentes puede dificultar aún más la resolución efectiva de problemas en este campo.

Cabe señalar que es importante implementar estrategias didácticas que promuevan aprendizajes significativos y competenciales, donde los estudiantes no solo memoricen contenidos o fórmulas, sino que adquieran habilidades para aplicar los conocimientos en la resolución de problemas complejos que se le pueden presentar en su vida cotidiana o en su vida profesional. En este sentido, el aprendizaje por competencias ha demostrado ser un enfoque eficaz para mejorar el rendimiento académico en áreas como la física, al fomentar la participación activa de los estudiantes, la colaboración, y el desarrollo de habilidades críticas UNIR (2023). Sin embargo, en la enseñanza del equilibrio de fuerzas, no se han explorado suficientemente propuestas didácticas que integren este enfoque competencial con herramientas específicas como el Teorema de Lamy.

Ante este panorama, surge la necesidad de diseñar una propuesta didáctica que no solo presente el Teorema de Lamy como una herramienta teórica, sino que integre su aplicación en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes de manera práctica y competencial. Dicha propuesta debe incorporar estrategias que promuevan el desarrollo de competencias clave como la creatividad, la iniciativa y el pensamiento crítico, además de fomentar la autonomía en el proceso de aprendizaje y la toma de decisiones informadas por parte de los estudiantes. El propósito de esta investigación es, por tanto, ofrecer una solución a la brecha existente en la enseñanza de este tipo de problemas, utilizando el Teorema de Lamy como eje central para el desarrollo de competencias en física.

Además, esta propuesta debe enfocarse en el desarrollo de competencias clave, como el razonamiento lógico, la capacidad de abstracción y la aplicación práctica de conceptos físicos.

El problema central que aborda esta investigación es: ¿Cómo diseñar y evaluar una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy que facilite el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes en estudiantes de nivel bachillerato y universitario?

1.2.1 Formulación del problema

¿Cómo diseñar y evaluar una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy que facilite el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes?

1.2.2 Preguntas directrices

- ¿Cómo debe estructurarse una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy para facilitar el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes en cuerpos rígidos?
- ¿De qué manera la aplicación de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy influye en la adquisición de un aprendizaje significativo en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas?
- ¿Existen diferencias significativas en las competencias desarrolladas por los estudiantes al comparar su desempeño antes y después de la implementación de la propuesta didáctica?

1.3 Justificación

El desarrollo de competencias en la enseñanza de la física es esencial para fomentar en los estudiantes habilidades que les permitan resolver problemas de forma eficaz y comprender los fenómenos físicos desde una perspectiva teórica y práctica. En este contexto, la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy ofrece un enfoque para abordar los problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, que son fundamentales en el estudio de la mecánica.

La resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes se desarrolla generalmente mediante la descomposición de fuerzas, la cual se hace un poco o bastante abstracto por la dificultad que presentan los estudiantes al aplicar diagramas de cuerpo libre, el trabajar con ecuaciones y por lo extenso que resulta, en cambio, el Teorema de Lamy proporciona una fascinante herramienta matemática para analizar y mejorar significativamente la comprensión de este concepto físico relacionados con fuerzas y equilibrio de una manera más sencilla, rápida, eficaz y eficiente.

El Teorema de Lamy es un concepto clave en la resolución de problemas de fuerzas concurrentes en cuerpos rígidos. A través de su aplicación, los estudiantes pueden visualizar y analizar con mayor claridad las relaciones entre las fuerzas actuantes en un sistema, lo que facilita el desarrollo de habilidades analíticas y el pensamiento crítico, competencias esenciales en la educación científica del siglo XXI. La utilización de este teorema no solo refuerza los conocimientos teóricos, sino que también promueve la capacidad de los estudiantes para enfrentarse a problemas de la vida real, donde el análisis de fuerzas es un componente crucial en diversos campos como la ingeniería, la arquitectura y las ciencias aplicadas.

Además, esta propuesta didáctica está alineada con el enfoque por competencias, que busca que los estudiantes no solo adquieran conocimientos, sino que desarrollen habilidades para aplicarlos en diferentes contextos. Mediante la resolución de problemas prácticos que involucren el equilibrio de fuerzas concurrentes, los estudiantes podrán mejorar sus capacidades de razonamiento lógico, toma de decisiones y resolución de problemas complejos, lo que resultará en un aprendizaje más profundo y significativo.

La importancia de esta propuesta radica también en que permite integrar de manera efectiva la teoría con la práctica. Los estudiantes no solo recibirán instrucción sobre los fundamentos teóricos del Teorema de Lamy, sino que también tendrán la oportunidad de aplicar estos conceptos en la resolución de problemas, lo que fomenta un aprendizaje activo y participativo.

Finalmente, esta propuesta contribuye a la mejora de la enseñanza de la física en niveles medios y superiores, proporcionando a los docentes una herramienta didáctica efectiva que les permitirá guiar a sus estudiantes en la adquisición de competencias clave. Al implementar esta metodología, se espera que los alumnos no solo comprendan mejor los conceptos de equilibrio de fuerzas, sino que también sean capaces de aplicar este conocimiento en contextos profesionales, lo que refuerza la relevancia de esta investigación en el ámbito educativo y científico.

La investigación es viable, ya que se dispone de los recursos económicos, humanos que son los estudiantes del segundo semestre de la carrera de Pedagogía de Matemática y Física de la Universidad Nacional de Chimborazo y de fuentes de información necesarios para llevarla a cabo.

Esta investigación beneficiará al colectivo docente de Física de los niveles de bachillerato y universitario ya que dispondrán de un recurso didáctico para abordar esta temática, el cual puede ser aplicado en diferentes contextos educativos, evaluado y mejorado. Pero sobre todo beneficiará a los estudiantes, ya que mediante la aplicación de esta propuesta desarrollarán habilidades cognitivas como el razonamiento lógico, la visualización espacial y la capacidad de abstracción, facilitando su aprendizaje, mejorando su rendimiento académico y por lo tanto generando una mayor motivación por el aprendizaje y por la asignatura.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy que facilite el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes en estudiantes de 2do semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias experimentales: Matemática y la Física.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar una propuesta didáctica empleando el Teorema de Lamy que permita el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes de cuerpos rígidos.
- Aplicar la propuesta didáctica empleando el Teorema de Lamy en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas para la adquisición de un aprendizaje significativo.
- Evaluar la eficacia de la propuesta didáctica implementada en el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes de cuerpos rígidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

El Teorema de Lamy, también conocido como teorema de la concurrencia de fuerzas, es un principio fundamental en la física, particularmente en el estudio del equilibrio estático. Este teorema establece que si un cuerpo rígido está en equilibrio bajo la acción de tres fuerzas concurrentes, las magnitudes de estas fuerzas son proporcionales a los senos de los ángulos opuestos a dichas fuerzas. A pesar de la importancia de este teorema en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, su uso como herramienta pedagógica en la enseñanza de la física ha sido limitado.

A pesar de la relevancia del Teorema de Lamy en la física, particularmente en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, existe una notable ausencia de estudios que lo aborden desde un enfoque didáctico integral. Las investigaciones sobre el desarrollo de competencias en la enseñanza de la física suelen centrarse en temas más amplios, como la mecánica clásica o la dinámica de sistemas, dejando de lado el uso de herramientas específicas para problemas de equilibrio. Hasta el momento, no se ha encontrado literatura significativa que explore el potencial del Teorema de Lamy como eje de una propuesta didáctica orientada al desarrollo de competencias prácticas y teóricas en el aula.

El enfoque en competencias para la enseñanza de la física, como el pensamiento crítico y la capacidad para resolver problemas, ha ganado terreno en las últimas décadas. Según Figueroa (2023), el desarrollo de competencias en los estudiantes de ciencias requiere de la integración de métodos que promuevan no solo la memorización de fórmulas, sino también la aplicación práctica de conceptos. Aun así, existe una falta de investigaciones que vinculen directamente el Teorema de Lamy con el desarrollo de competencias en la resolución de problemas específicos de equilibrio de fuerzas concurrentes.

En particular, la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes es un área donde los estudiantes suelen enfrentar dificultades, lo cual resalta la necesidad de propuestas innovadoras que faciliten el aprendizaje significativo. No obstante, los recursos pedagógicos actuales no ofrecen estrategias claras que aprovechen el Teorema de Lamy como un método clave para la enseñanza y aprendizaje de este tipo de problemas. Además, la mayoría de los estudios se enfocan en metodologías tradicionales que no permiten el desarrollo de competencias necesarias para el análisis y resolución de problemas complejos en física.

El análisis de la literatura revela que no se ha profundizado en cómo el Teorema de Lamy puede ser empleado de manera efectiva para desarrollar competencias en la resolución

de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. La mayoría de los estudios revisados se enfocan en métodos generales para la enseñanza del equilibrio de fuerzas, pero no existe una propuesta didáctica que aproveche este teorema de forma centralizada.

Dado este vacío en la literatura y en la práctica educativa, la presente investigación busca llenar esa brecha proponiendo un enfoque didáctico que no solo permita a los estudiantes comprender el Teorema de Lamy, sino que también los ayude a desarrollar competencias esenciales para enfrentar problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes de manera efectiva.

2.2 Mecánica

En física, se conoce como mecánica al estudio y análisis del movimiento y reposo de los cuerpos, así como su evolución temporal bajo la acción de una o varias fuerzas. Su nombre proviene del latín *mechanica*, que significa “el arte de construir máquinas”. La mecánica es fundamental para entender cómo funcionan los objetos en nuestro mundo y es la base de muchas otras ramas de la física y la ingeniería. Esta disciplina toma en préstamo de las matemáticas su lenguaje formal para expresar sus contenidos (Coluccio, 2021).

Los cuerpos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Por ello, dividimos la mecánica en dos partes: la mecánica de los sólidos indeformables o sólidos rígidos y la mecánica de fluidos. A su vez, cada una de estas partes se subdivide en otras dos: la estática y la dinámica. La primera estudia los cuerpos en reposo, mientras que la segunda se ocupa de los cuerpos en movimiento.

Sin embargo, no hay que olvidar que, en la práctica, no existen los sólidos indeformables, ya que todos se deforman bajo la acción de las fuerzas. No obstante, muchas veces las deformaciones son pequeñas y no afectan a sus condiciones de equilibrio o de movimiento, y por eso se parte inicialmente de la idea de sólido indeformable.

2.2.1 Estática

Estática es un vocablo de origen griego, de “statikos” que significa estacionado o quieto o en equilibrio. Está estático, cuando se halla inmóvil, carente de movimiento. Lo opuesto a la estática, es la dinámica, que implica movimiento.

La estática es la rama de la mecánica que estudia el estado de movimiento de los cuerpos que están sometidos a una fuerza neta igual a cero, estando estos en reposo.

Un objeto está en equilibrio si el resultado de las fuerzas que actúan sobre el mismo es cero. Si el objeto está en movimiento, permanecerá en movimiento rectilíneo uniforme de acuerdo con la Primera Ley de Newton.

Para que un cuerpo esté en equilibrio, es necesario que la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él sea igual a cero; esto es:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0$$

Puesto que para que un cuerpo esté en equilibrio se requiere que la fuerza neta sobre el cuerpo sea nula, es obvio que un cuerpo en equilibrio no puede estar acelerado. En este sentido, el cuerpo podría estar en reposo o podría estar en movimiento con velocidad constante.

Cuando el cuerpo se encuentra en reposo, decimos que está en equilibrio estático. Cuando el cuerpo tiene un movimiento rectilíneo uniforme, decimos que se encuentra en equilibrio dinámico.

No puedes sostener un objeto en equilibrio contrarrestando su peso en un punto cualquiera de dicho objeto. Al punto en el cual se puede equilibrar el peso de un objeto se le llama centro de gravedad.

Un cuerpo puede apoyarse sobre el suelo, o sobre algún otro objeto. Conforme al lugar en donde esté el centro de gravedad del objeto, este puede encontrarse en equilibrio estable, inestable o indiferente (Cavazos, 2024).

- **Equilibrio estable**, cuando el cuerpo u objeto retoma su posición de estabilidad una vez que las fuerzas que actúan sobre él han cesado, demostrando así una tendencia marcada hacia el equilibrio. Por ejemplo, un péndulo que empujemos con la mano se moverá durante un tiempo, hasta que el efecto de la gravedad lo detenga siempre en el mismo y exacto punto de reposo.
- **Equilibrio inestable**, cuando el cuerpo u objeto mantiene una posición de reposo únicamente mientras actúe sobre él una fuerza determinada que compensa a las demás, de manera que, al cesar dicha fuerza, el objeto pierde el equilibrio y se desplaza hacia otros lugares. Por ejemplo, un lápiz que sostengamos sobre su punta, caerá en diferentes direcciones cuando lo soltemos, ya que su punto de reposo depende de la fuerza de nuestra mano.
- **Equilibrio indiferente**, cuando el cuerpo u objeto es capaz de perder su posición de reposo y alcanzar una nueva de manera espontánea, sin necesidad de que nuevas fuerzas actúen sobre él. Es lo que ocurre, por ejemplo, al dejar una pelota sobre una superficie totalmente plana: no se desplazará en ninguna dirección, y si la empujamos un poco, cambiará de sitio pero recuperará de inmediato su equilibrio.

Por esta cuestión es que la estática resulta ser una materia indispensable en carreras y trabajos como los que llevan a cabo la ingeniería estructural, mecánica y de construcción, ya que siempre que se quiera construir una estructura fija, como ser, un edificio, en términos un poco más extendidos, los pilares de un rascacielos, o la viga de un puente, será necesario e indiscutible su participación y estudio para garantizar la seguridad de aquellos que luego transiten por las mencionadas estructuras.

2.3 Fuerza

Fuerza, es el nombre con el que se denomina a la interacción mecánica entre dos cuerpos, las cuales pueden ser de contacto directo o gravitacionales.

Una fuerza es una acción que se ejerce sobre un objeto y que, como consecuencia, modifica su estado. Por ejemplo, puede cambiarlo de lugar, romperlo, deformarlo, ponerlo en movimiento o detenerlo. En otras palabras, al aplicar una fuerza sobre un objeto se produce un efecto. Vean algunos ejemplos.

Figura 2.1

Ejemplos prácticos de fuerzas



(a) Cuando preparamos la masa para panes, pastas o pizzas, esta se deforma por la fuerza que realizamos al amasarla.



(b) En las cocinas de los restaurantes se suelen colocar puertas tipo vaivén que es posible abrir en cualquiera de las dos direcciones cuando las empujamos con determinada fuerza.

Nota: Ambas imágenes muestran ejemplos prácticos del efecto de las fuerzas en diferentes contextos. Tomado de Kapelusz Editorial (2018)

La unidad de medida en el Sistema Internacional es el Newton ‘N’, denominado así en honor al gran físico británico Isaac Newton (1642-1727), quien describió en su Segunda Ley de Movimiento cómo la fuerza tiene relación con la masa y la aceleración de cuerpo. Por ejemplo, a mayor masa, mayor será la fuerza necesaria a ejercer sobre el objeto para lograr moverlo o deformarlo (Fernández, 2023). La fuerza se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = m \cdot a \quad (2.1)$$

Los significados de cada término son:

- F: es la fuerza necesaria para mover un cuerpo u objeto. La unidad en el Sistema Internacional es el Newton, N.
- m: es la masa del cuerpo. La unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo, kg.
- a: es la unidad de aceleración. La unidad en el Sistema Internacional es el metro por segundo al cuadrado, m/s^2 .

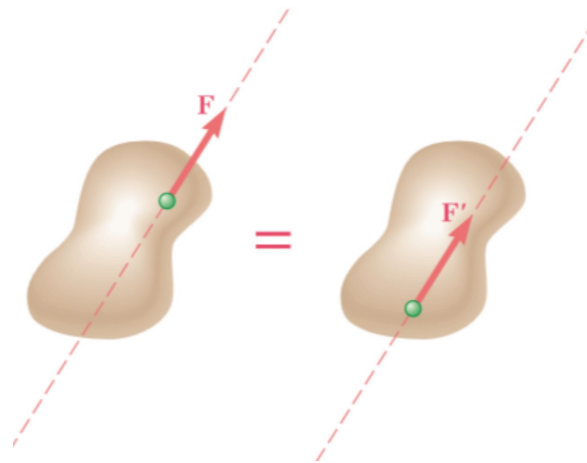
El dinamómetro es el aparato idóneo para la medición de la fuerza. Sirve también para calcular el peso de los objetos. Fue inventado por el propio Isaac Newton, valiéndose del estiramiento de un resorte y la Ley de la elasticidad de Hooke, de un modo semejante a una balanza de resorte. Las versiones modernas del dinamómetro siguen el mismo principio incluso disponen de una pantalla digital.

2.3.1 Teoría de transmisibilidad de una fuerza

Las fuerzas son generalmente vectores deslizantes a los que podemos aplicar el principio de transmisividad, la cual se puede visualizar en la figura 2.2

Figura 2.2

Transmisibilidad de la fuerza



Nota: Tomado de Beer & Johnston (2013)

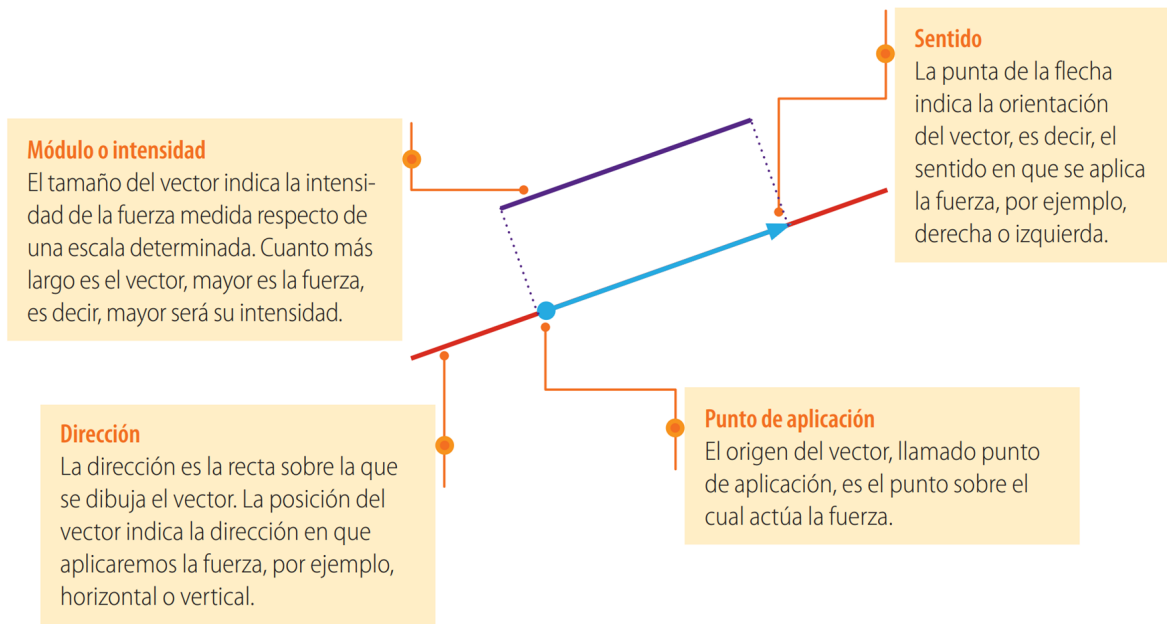
El principio de transmisibilidad establece que las condiciones de equilibrio o movimiento de un sólido rígido permanecerán inalterables si una fuerza F , ejercida sobre un punto dado, se reemplaza por otra fuerza F' de igual magnitud, dirección y sentido, que actúa sobre un punto diferente, siempre que las fuerzas tengan la misma línea de acción.

2.3.2 Representación de una fuerza

Toda fuerza se caracteriza por tener una magnitud y una dirección, lo que la convierte en una magnitud vectorial. Esta se representa mediante un vector, comúnmente denotado por la letra " \vec{F} " o en negrita como " \mathbf{F} ".

Las fuerzas son magnitudes vectoriales, para que queden completamente definidas, tienen que ser representadas mediante vectores (flechas). Esto significa establecer claramente cuatro características: dirección, sentido, módulo y punto de aplicación, tal como se muestra en la Figura 2.3

Figura 2.3
Características de una fuerza.



Nota: La figura ilustra las características fundamentales de una fuerza, como magnitud, dirección, sentido y punto de aplicación. Tomado de Beer & Johnston (2013).

Al representar la fuerza aplicada sobre un objeto, debemos tener en cuenta la intensidad, la dirección y el sentido.

2.3.3 Tipos de fuerzas

De acuerdo con (Llano, 1999) la fuerza según su naturaleza se clasifica en: externas e internas.

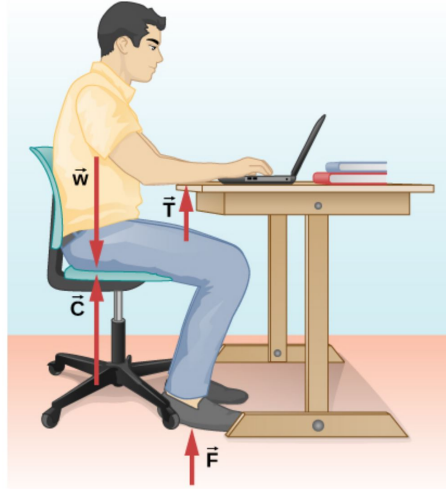
2.3.3.1 Fuerzas externas:

Representan la acción que ejercen otros cuerpos sobre el cuerpo rígido en consideración. Ellas son las responsables del comportamiento externo del cuerpo rígido. Las fuerzas externas causan que el cuerpo se mueva o aseguran que éste permanezca en reposo.

Supongamos que un estudiante de física está sentado en una mesa, y trabaja diligentemente en sus deberes (Figura 2.4). ¿Qué fuerzas externas actúan sobre él?

Figura 2.4

Visualización de las Fuerzas externas



Nota: La figura muestra la representación de las fuerzas externas actuando sobre un cuerpo. Tomado de OpenStax (2024).

En la mayoría de las situaciones, las fuerzas se agrupan en dos categorías: fuerzas de contacto y fuerzas de campo. Como podrá imaginar, las fuerzas de contacto se deben al contacto físico directo entre objetos. Por ejemplo, el estudiante en la Figura 2.4 experimenta las fuerzas de contacto \vec{F} , \vec{C} , \vec{T} , que ejercen la silla en su parte posterior, el suelo en sus pies y la mesa en sus antebrazos, respectivamente.

Sin embargo, las fuerzas de campo actúan sin necesidad de contacto físico entre los objetos. Dependen de la presencia de un "campo" en la región del espacio que rodea al cuerpo en cuestión. Como el estudiante está en el campo gravitatorio de la Tierra, siente una fuerza gravitatoria w ; en otras palabras, tiene peso OpenStax (2024).

2.3.3.2 Fuerzas internas:

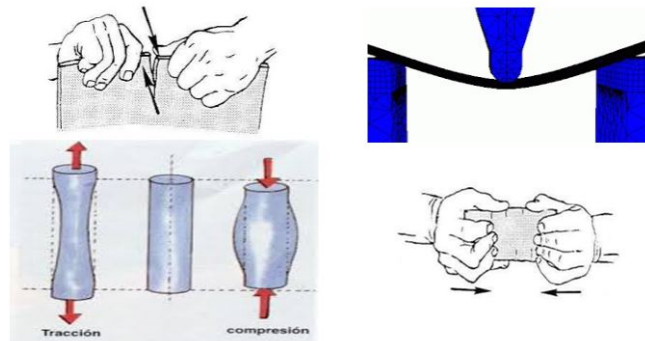
Son aquellas que mantienen unidas las partículas que conforman al cuerpo rígido. Si éste está constituido en su estructura por varias partes, las fuerzas que mantienen unidas a dichas partes también se definen como fuerzas internas.

Son fuerzas de reacción en el interior de los cuerpos que actúan para tratar de equilibrarlo o evitar que se deforme. La mecánica de materiales estudia algunos de los esfuerzos mecánicos de un cuerpo cuando éste deja de ser rígido y comienza a deformarse como reacción de las fuerzas externas que experimenta.

Ejemplo de fuerzas internas: esfuerzos de torsión, compresión, tensión y flexión.

Figura 2.5

Visualización de las fuerzas internas



Nota: La figura representa las fuerzas internas que actúan dentro de un sistema o cuerpo, esenciales para comprender el equilibrio y la deformación. Tomado de OpenStax (2024).

2.3.4 Sistema de fuerzas

2.3.4.1 Fuerzas coplanares:

Son fuerzas que actúan en un mismo plano. Es decir, dos o más fuerzas son coplanares cuando están contenidas en un mismo plano. Por lo tanto, las fuerzas coplanares se pueden definir matemáticamente con vectores de dos componentes. Normalmente cuando se inician los estudios en física se suele empezar por hacer ejercicios de fuerzas coplanares, ya que es más fácil trabajar con fuerzas de dos dimensiones.

Un concepto relacionado con los problemas de este tipo de fuerzas son las condiciones de equilibrio, ya que a partir de estas condiciones se pueden plantear incógnitas y hallar las fuerzas desconocidas.

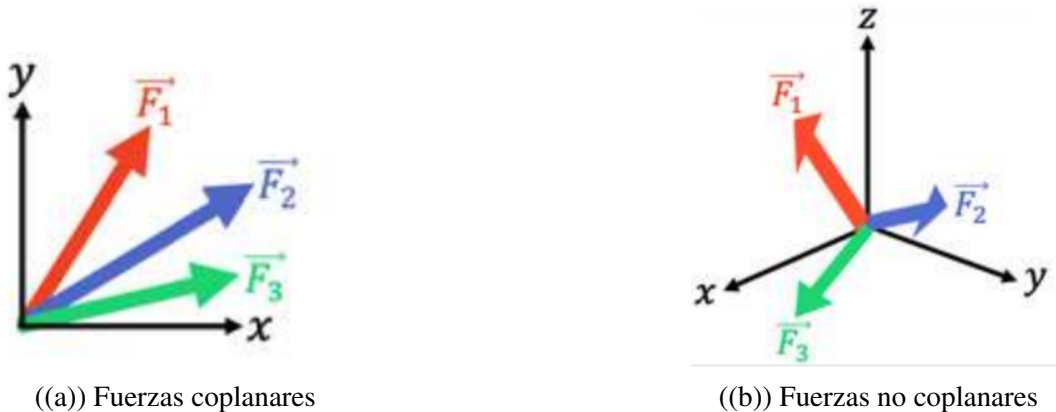
Cabe destacar que cualquier sistema de fuerzas coplanares se puede simplificar y sustituir todas las fuerzas por una fuerza resultante.

La diferencia entre las fuerzas coplanares y las fuerzas no coplanares es que las fuerzas coplanares actúan en un mismo plano, en cambio, las fuerzas no coplanares actúan en diferentes planos.

Por lo tanto, para definir las fuerzas coplanares se necesitan vectores con solo dos coordenadas, pero para expresar fuerzas no coplanares son necesarios vectores con tres coordenadas. Porque las fuerzas no coplanares están definidas en el espacio (Snel, 2024).

Figura 2.6

Representación de fuerzas coplanares y no coplanares.



Nota: En la sub figura a) se aprecia tres fuerzas coplanares. En la sub figura b) se aprecian tres fuerzas no coplanares. Tomado de Snel (2024)

2.3.4.2 Fuerzas concurrentes y no concurrentes

Es común que un cuerpo esté siempre sometido a la acción de dos o más fuerzas. Decimos que dos o más fuerzas son concurrentes cuando la dirección de sus vectores o sus prolongaciones se cortan en un punto. Son aquellas que están aplicadas a un mismo punto. En otro caso estaremos hablando de fuerzas no concurrentes o paralelas.

Figura 2.7

Representación de fuerzas concurrentes y no concurrentes.



Nota: En la sub figura a) se aprecia dos fuerzas ya que sus direcciones (línea de puntos), coinciden en al menos un punto. En la sub figura b) se aprecian dos fuerzas no concurrentes o paralelas. Tomado de Fernández (2024)

La principal diferencia del estudio de fuerzas concurrentes o no concurrentes, es que si se aplican a cuerpos libres las primeras pueden provocar movimientos de traslación (el cuerpo se traslada a otro sitio), mientras que las segundas adicionalmente pueden producir movimientos de rotación (el cuerpo gira).

Debido a que todas las fuerzas actúan a través de un solo punto, no hay momentos sobre este punto. Porque no existen momentos, podemos tratar a este cuerpo como una

partícula. De hecho, debido a que las partículas reales solo existen en teoría, la mayor parte del análisis de partículas se aplica realmente a cuerpos extendidos con fuerzas concurrentes que actúan sobre ellos.

Dos fuerzas son coplanares y concurrentes cuando actúan en un mismo plano y, además, sus líneas de acción se cortan en un punto.

2.4 Diagrama de cuerpo libre

Al igual que los modelos pictóricos y los diagramas de movimiento para resolver problemas de movimiento, representaciones similares te ayudarán a analizar cómo afectan las fuerzas al movimiento (Glencoe, 2005).

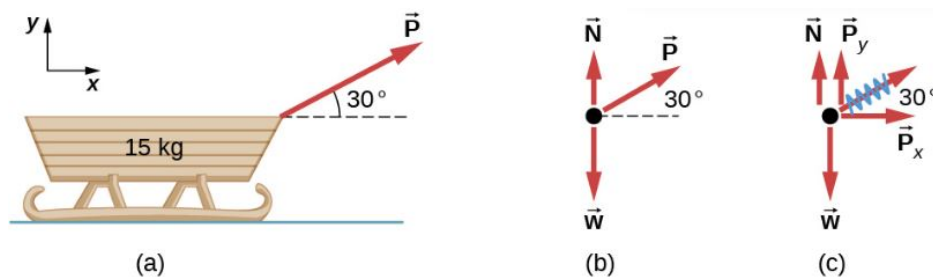
Un diagrama de cuerpo libre, cuya abreviatura corresponde a DCL, es simplemente un esquema donde se grafican todas aquellas fuerzas ejercidas sobre un objeto, pero con la particularidad de que el mismo se representa aislado de otros elementos, aunque este forme parte de un sistema entero.

Por esta razón, también se le conoce como diagrama de cuerpo aislado, pues toma en cuenta solo un “sistema físico” en específico, para poder calcular las fuerzas externas capaces de incidir en él.

En consecuencia, todas las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo libre en cuestión, se grafican mediante vectores (flechas) que las simbolizan.

Figura 2.8

Diagrama de cuerpo libre.



Nota: La figura (a) muestra un trineo que es halado por la fuerza P con un ángulo de 30° , La Figura (b) un diagrama de cuerpo libre y en la Figura (c) un diagrama de cuerpo libre con componentes de fuerza. Tomado de Lumen (2024)

Gracias a la física, sabemos que no existe un cuerpo libre capaz de producir fuerza de la nada, es decir, para poder moverse debe recibir un impulso aplicado por otro objeto o sistema físico.

De allí la importancia de realizar un diagrama de cuerpo libre, porque sirve como un método capaz de identificar y graficar las fuerzas que afectan un cuerpo material específico.

En términos generales, el diagrama de cuerpo libre es útil cuando necesitamos resolver problemas mecánicos estándares o simplemente para analizar situaciones que impliquen equilibrio de fuerzas.

2.4.1 Procedimiento para realizar el diagrama de cuerpo libre

El primer paso para resolver la mayoría de los problemas mecánicos será construir un diagrama de cuerpo libre. Este diagrama simplificado nos permitirá escribir más fácilmente las ecuaciones de equilibrio para problemas estáticos o fortalezas de materiales, o las ecuaciones de movimiento para problemas de dinámica.

Para construir el diagrama utilizaremos el siguiente proceso:

- Identifica el cuerpo libre: puede que haya más de un objeto formando parte de un sistema, por ello, se deben separar y hacer los diagramas individualmente para cada uno. También es muy útil asignarle un nombre, por ejemplo, “bloque de masa” (M), “cuerpo A”, o simplemente un punto.
- Elige el sistema de referencia: en este se graficará el diagrama. Comúnmente se utiliza el de coordenadas “X” y “Y”. El cuerpo libre siempre se ubica en medio de ambos, justo donde hacen contacto.
- Identificar y agregar las fuerzas: las mismas se señalan con vectores y pueden ser, por ejemplo, la fuerza normal (N); la fuerza cortante (V); la fuerza de tensión (T) ejercidas por cables o cuerdas, que siempre se dibujan en dirección hacia afuera del cuerpo; entre otras como la del peso de la masa (mg aunque en ocasiones se le representa con la letra P); la gravitatoria (W); la fuerza elástica (K) de los resortes; o la de fricción (f_r) según el caso.

2.4.2 Ejemplos de diagrama de cuerpo libre

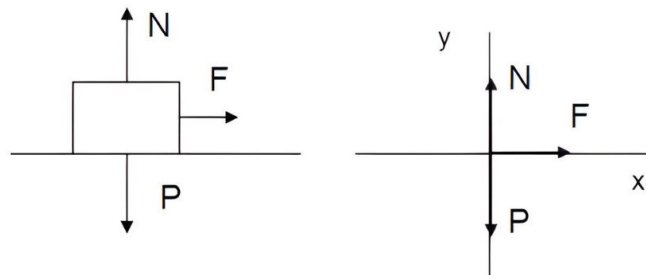
Los siguientes ejemplos de diagrama de cuerpo libre, nos permiten visualizar cada una de las fuerzas aplicadas sobre algún objeto:

- Persona jalando una caja: Si suponemos que alguien intenta jalar una caja pesada para trasladarla horizontalmente de izquierda a derecha, sobre una superficie plana, el diagrama de cuerpo libre debe representar la fuerza (F) aplicada por esa persona más otras como la normal, o la de gravedad.

Considerando que la fuerza normal (N), es aquella perpendicularmente presente cuando dos superficies entran en contacto, y el peso corresponde a la fuerza de gravedad en base al volumen de la masa de la caja; el DCL en este caso sería el siguiente:

Figura 2.9

Diagrama de cuerpo libre: caso 1



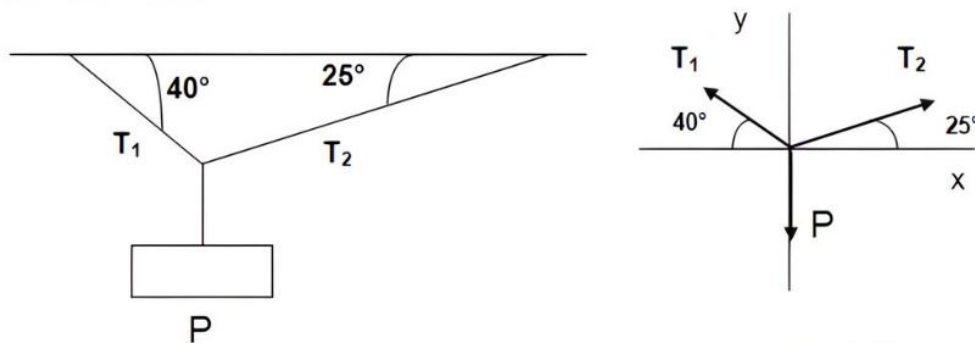
Nota: Caso I: persona jalando una caja. Tomado de (Vasquez, 2019)

- Una lámpara colgando de un techo: Para el segundo ejemplo, veremos el diagrama de cuerpo libre de una lámpara colgando del techo mediante dos cuerdas.

En esta situación, aplicaría la fuerza de gravedad, es decir, su peso (P), representada por una flecha en dirección al suelo; la fuerza de tensión de la primera cuerda (T_1), apuntando al contrario de la lámpara; y la fuerza de tensión de la segunda cuerda (T_2), también dibujada en sentido opuesto al objeto:

Figura 2.10

Diagrama de cuerpo libre: caso 2

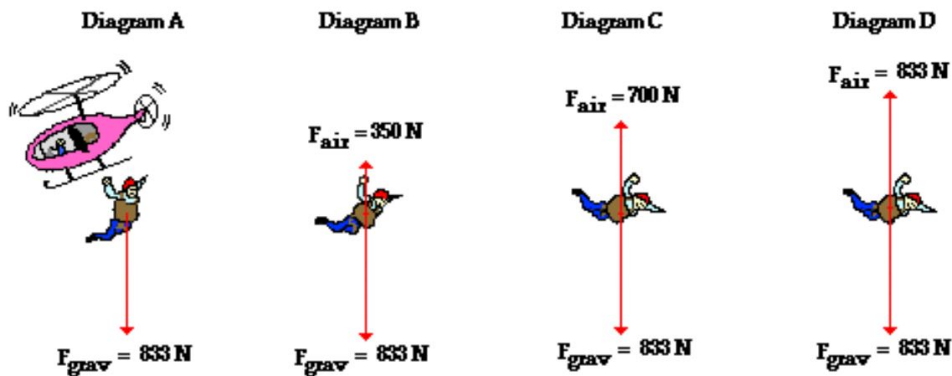


Nota: Una lámpara colgando de un techo. Tomado de (Árbol Genealógico, 2023)

- Un objeto cayendo libremente: En esta oportunidad partiremos del ejemplo de un objeto cayendo libremente, para comparar las fuerzas que aplican en él. En la Figura 2.11 aparecen diagramas de cuerpo libre que muestran las fuerzas que actúan sobre un paracaidista de 85 kg (equipo incluido)

De ser el caso, solamente aplicaría la fuerza de la gravedad, la cual representaremos en esta ocasión como el peso de masa mg , así, el DCL sería:

Figura 2.11
Diagrama de cuerpo libre: caso 3



Nota: Un objeto cayendo libremente. Tomado de (Classroom, 2024)

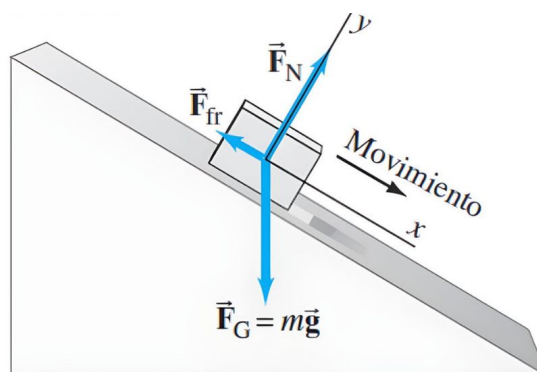
- Una caja deslizándose sobre una superficie inclinada: Otro ejemplo indispensable para comprender cómo funciona el diagrama de cuerpo libre, es el de un objeto sobre un plano inclinado. En este sentido, supongamos que hay una caja deslizándose por una rampa y debemos calcular todas las fuerzas ejercidas en ella.

Para este caso también utilizaremos otras nomenclaturas comunes en los DCL, empezando por la fuerza normal (F_n), la cual, al ser perpendicular a la caja apoyada en la rampa, se identifica de forma diagonal en vez de dibujarse verticalmente.

Por otra parte, la fuerza de gravedad o el peso (en esta oportunidad F_g), sigue representándose de manera vertical y hacia abajo, aunque tanto la caja como la F_n estén inclinadas.

Finalmente, queda vigente la fuerza de fricción (f_r), siempre representada en sentido opuesto al movimiento de la caja. El DCL queda representado por la Figura 2.12

Figura 2.12
Diagrama de cuerpo libre: caso 4.



Nota: Una caja deslizándose sobre una superficie inclinada. Tomado de (Zapata, 2022)

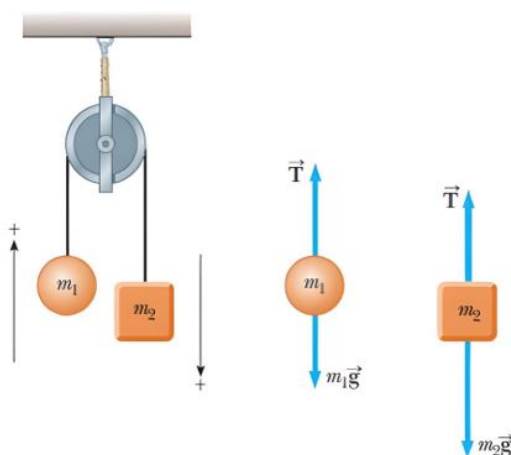
- Dos cuerpos colgando de una cuerda y una polea: Por último, es importante explicar

cómo hacer un diagrama de cuerpo libre de un sistema con más de un objeto, para ello, consideraremos dos cajas sostenidas con una cuerda y una polea.

Tal como explicamos antes, se debe realizar un DCL para cada una de las cajas por separado, pero en ambos “bloques de masa”, a los que nos referiremos como “ m_1 ” y “ m_2 ”, solamente aplican la fuerza de tensión de la cuerda (T), y la gravedad (la cual entenderemos en esta oportunidad por “ m_1g ” y “ m_2g ”), esto se muestra en la Figura. 2.13 :

Figura 2.13

Diagrama de cuerpo libre: caso 5.



Nota: Dos cuerpos colgando de una cuerda y una polea. Tomado de (Serway & Jewett, 2023)

2.5 Estado de equilibrio de un objeto

Si un objeto permanece estacionario o se mueve en línea recta con una velocidad uniforme bajo la acción de una fuerza puntual común, decimos que el objeto está en equilibrio.

2.5.1 Condiciones de equilibrio del objeto.

1. Estado de equilibrio: el objeto está en reposo o se mueve en línea recta a velocidad constante.

Se puede observar que el estado de equilibrio se divide en dos situaciones:

Uno es el equilibrio estático. En este momento, la velocidad del movimiento del objeto $v = 0$ y la aceleración del objeto $a = 0$;

El otro estado es el equilibrio dinámico. En este momento, la velocidad del movimiento del objeto $v \neq 0$ y la aceleración del objeto $a = 0$.

2. El objeto está en equilibrio y su fuerza debe satisfacer que la fuerza externa total sea cero, es decir, $F_{\text{sum}} = 0$, aceleración = 0. Ésta es la condición de equilibrio del objeto bajo la acción de la fuerza del punto común.

El estudio del equilibrio de un cuerpo rígido consiste básicamente en conocer todas las fuerzas que actúan sobre él para mantener ese estado.

Para que un cuerpo rígido se encuentre en equilibrio la sumatoria de fuerzas y la sumatoria de momento con respecto a un punto cualquiera debe ser cero, tal como se muestra en la ecuación (2.2). De esta manera el cuerpo ni se desplaza ni rota.

$$\sum \vec{F} = 0; \sum \vec{M} = 0 \quad (2.2)$$

La sumatoria de fuerzas la debemos considerar por cada eje cartesiano, por lo tanto, las condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido son las que se presenta en la ecuación (2.3):

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum M = 0 \quad (2.3)$$

2.5.2 Corolario de las condiciones de equilibrio

1. Equilibrio de dos fuerzas: si un objeto está en equilibrio bajo la acción de dos fuerzas de punto común, las dos fuerzas deben ser iguales en magnitud y opuestas en dirección, y son un par de fuerzas de reacción.
2. Equilibrio de tres fuerzas: si un objeto está en equilibrio bajo la acción de tres fuerzas, entonces las tres fuerzas deben estar en el mismo punto si no son paralelas, y la fuerza resultante de dos de las fuerzas debe ser igual a la tercera fuerza. De acuerdo con esta característica, cuando resolvemos el problema del equilibrio de tres fuerzas, el método comúnmente utilizado es el método de síntesis de fuerzas. Por supuesto, también podemos usar el método de descomposición (incluida la descomposición ortogonal), el método de fuerzas del triángulo vectorial, y similares. método del triángulo, etc.
3. Equilibrio de fuerzas múltiples: si un objeto está en equilibrio bajo la acción de múltiples fuerzas, cualquiera de las fuerzas es igual en magnitud y opuesta en dirección a la fuerza resultante de las fuerzas restantes .

2.5.3 Métodos para abordar el problema del equilibrio de fuerzas de puntos comunes

Para resolver el problema de equilibrio de fuerzas puntuales comunes, generalmente primero determinamos el objeto de investigación, luego realizamos un análisis de fuerzas y luego establecemos una serie de ecuaciones relacionadas con la relación entre cantidades desconocidas y cantidades conocidas de acuerdo con las condiciones de equilibrio a resolver.

Si tres fuerzas actúan sobre un objeto y está en equilibrio, entonces la fuerza resultante de dos de las fuerzas cualesquiera debe ser igual en magnitud y opuesta en dirección a la tercera fuerza. En este momento, se puede resolver de acuerdo con las ecuaciones en serie de relaciones geométricas del paralelogramo (o triángulo), o se puede

resolver mediante el método de descomposición ortogonal. Si el objeto está en equilibrio bajo la acción de más fuerzas, se suele utilizar el método de descomposición ortogonal para resolver las ecuaciones.

Tabla 2.1 Descripción del método para resolver problemas de equilibrio de fuerzas.

Método	Descomponga todas las fuerzas puntuales comunes en los ejes x e y , y use la ecuación en serie condicional de que la fuerza resultante de los dos ejes de coordenadas es igual a 0 para resolver $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$.
Idea básica	Convertir operaciones vectoriales en operaciones algebraicas.
Condición	Un objeto se equilibra bajo la acción de tres o más fuerzas comunes.

Nota: Para aplicar correctamente este método, se asume que las fuerzas están en un sistema bidimensional y que el equilibrio se refiere al estado estático del objeto. Las ecuaciones deben resolver la condición de equilibrio tras la descomposición de las fuerzas.

2.6 Teorema de Lamy

El Teorema de Lamy, que fue enunciado por el religioso francés Bernard Lami (1645-1716), se originó de la ley de los senos y dice lo siguiente: “Cuando un cuerpo rígido en equilibrio se encuentra sometido a la acción de tres fuerzas concurrentes, coplanares y no colineales, el módulo de cada una es directamente proporcional al seno de su respectivo ángulo opuesto”.

La razón por la que las tres fuerzas deben ser coplanares es bastante simple. Si no fuese así, no se cumpliría la primera condición de equilibrio.

Por otro lado hay que considerar que si alguno de estos ángulos es obtuso, el seno de dicho ángulo es igual al seno de su ángulo suplementario.

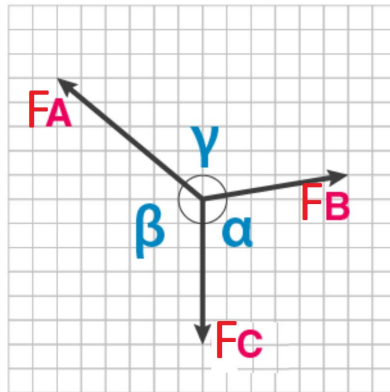
Además se cumple que si los ángulos que forman entre si cada par de estas son iguales a 120° , los módulos de estas fuerzas deben ser iguales.

El Teorema de Lamy se puede utilizar para resolver muchos problemas de la vida real, y muy importante en física. En especial en el área de la mecánica-estática o estructural.

2.6.1 Enunciado del Teorema de Lamy

El Teorema de Lamy establece que “cuando tres fuerzas que actúan en un punto están en equilibrio, cada fuerza es proporcional al seno del ángulo entre las otras dos fuerzas”. Tomando como referencia la Fig. 2.14, considere tres fuerzas, F_A, F_B y F_C , que actúan sobre una partícula o un cuerpo rígido y forman entre sí ángulos α, β y γ .

Figura 2.14
Enunciado Teorema de Lamy



En forma matemática o de ecuación se expresa mediante la ecuación (2.4):

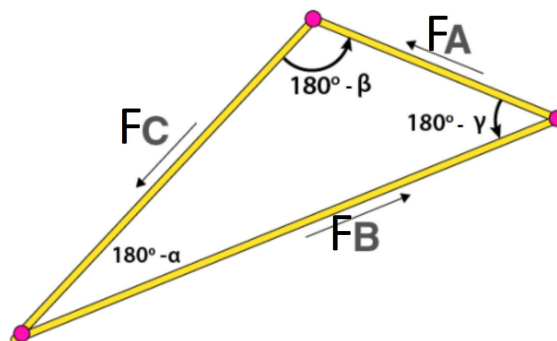
$$\frac{F_A}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{F_B}{\text{sen}(\beta)} = \frac{F_C}{\text{sen}(\gamma)} \quad (2.4)$$

2.6.2 Derivación del Teorema de Lamy

Sean \vec{F}_A , \vec{F}_B y \vec{F}_C las fuerzas que actúan en un punto. Según el enunciado del teorema, la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan en un punto dado, será igual a cero, esto se puede expresar mediante la ecuación (2.5):

$$\vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C = 0 \quad (2.5)$$

Figura 2.15
Derivación del Teorema de Lamy.



Nota: Los ángulos que forman los vectores de fuerza cuando se dibuja un triángulo. Tomado de BYJU'S (2023)

Se escribe los ángulos en términos de ángulos complementarios y utilizando la ley del triángulo de la adición de vectores. Luego, al aplicar la ley de los senos, se obtiene la

ecuación 2.6:

$$\frac{F_A}{\text{sen}(180^\circ - \alpha)} = \frac{F_B}{\text{sen}(180^\circ - \beta)} = \frac{F_C}{\text{sen}(180^\circ - \gamma)} \quad (2.6)$$

Realizando los cálculos respectivos se obtiene la ecuación 2.7,

$$\frac{F_A}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{F_B}{\text{sen}(\beta)} = \frac{F_C}{\text{sen}(\gamma)} \quad (2.7)$$

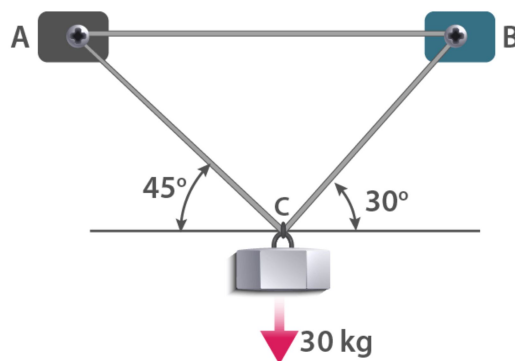
Por tanto, se ve claramente que al aplicar la regla del seno a los ángulos complementarios, se llega al resultado requerido para el Teorema de Lamy.

2.6.3 Condiciones para aplicar el Teorema de Lamy

1. Es importante tener en cuenta que las tres fuerzas que actúan sobre un cuerpo deben estar en el mismo plano.
2. Las tres fuerzas deben actuar simultáneamente, es decir, todas deben actuar a través del mismo punto.
3. Las tres fuerzas deben ser no colineales, lo que significa que no deben actuar en la misma línea de acción.
4. Las tres fuerzas coplanares, concurrentes y no colineales que actúan sobre un cuerpo deben estar en equilibrio, lo que significa que el cuerpo no debe acelerarse como resultado de su aplicación. Cuando se aplican estas tres fuerzas, la fuerza neta sobre el cuerpo debe ser cero

2.6.4 Resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes aplicando el Teorema de Lamy

Problema 1. Un bloque de hierro de 30 kg de masa cuelga de dos soportes, A y B, como se muestra en el diagrama. Determine las tensiones en ambas cuerdas.



El procedimiento de resolución es el siguiente:

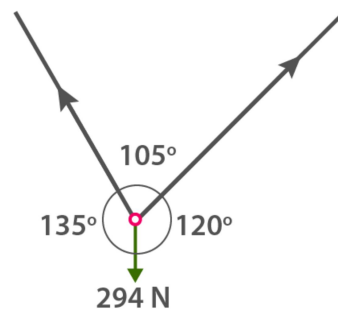
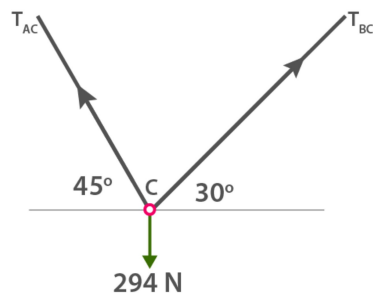
SOLUCIÓN

IDENTIFICAR los conceptos pertinentes

- Datos del problema:
 - (a) Se tiene un bloque de hierro con una masa de 30 kg.
 - (b) El bloque está colgado de dos cuerdas unidas a dos puntos de soporte, A y B.
 - (c) Las cuerdas están inclinadas formando un ángulo con la vertical, que se debe conocer o deducir del diagrama.
 - (d) La gravedad actúa hacia abajo con una magnitud de $g=9.8 \text{ m/s}^2$
 - (e) La fuerza hacia abajo es el peso del bloque, que es $\omega = mg$, donde $m=30\text{kg}$.
- Objetivo: Encontrar las tensiones en las cuerdas, T_{AC} y T_{BC} , que mantendrán el bloque en equilibrio estático.

PLANTEAR el problema

- Aplicar el Teorema de Lamy, que establece que para un cuerpo en equilibrio bajo tres fuerzas concurrentes, las magnitudes de las fuerzas son proporcionales a los senos de los ángulos opuestos a dichas fuerzas.
- Paso 1: Calcular el peso del bloque: $\omega = mg = (30\text{kg})(9,8 \text{ m/s}^2) = 294 \text{ N}$
- Paso 2: Dibujar el diagrama de fuerzas, identificando los ángulos entre las cuerdas y la dirección del peso vertical.



- Paso 3: Aplicar el Teorema de Lamy para resolver las tensiones en las cuerdas. Las fuerzas involucradas son:
 - (a) T_{AC} , la tensión en la cuerda que va hacia el punto A.
 - (b) T_{BC} , la tensión en la cuerda que va hacia el punto B.
 - (c) ω , el peso del bloque hacia abajo.

El Teorema de Lamy establece que:

$$\frac{T_{AC}}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{T_{BC}}{\text{sen}(\beta)} = \frac{\omega}{\text{sen}(\gamma)}$$

Donde α y β y γ son los ángulos formados entre las cuerdas.

$$\frac{T_{AC}}{\text{sen}(120^\circ)} = \frac{T_{BC}}{\text{sen}(135^\circ)} = \frac{\omega}{\text{sen}(105^\circ)}$$

EJECUTAR la solución

- Si tenemos los valores de los ángulos (a partir del diagrama), sustituimos esos valores en las ecuaciones y resolvemos para T_{AC} y T_{BC} .
- Para un caso genérico con ángulos conocidos:

$$T_{AC} = \frac{\omega \cdot \text{sen}(\alpha)}{\text{sen}(\gamma)} \qquad T_{BC} = \frac{\omega \cdot \text{sen}(\beta)}{\text{sen}(\gamma)}$$

Luego, calculamos las tensiones en ambas cuerdas usando estas fórmulas.

$$T_{AC} = \frac{294N \cdot \text{sen}(120^\circ)}{\text{sen}(105^\circ)} \qquad T_{BC} = \frac{294N \cdot \text{sen}(135^\circ)}{\text{sen}(105^\circ)}$$

$$T_{AC} = \boxed{263.59N}$$

$$T_{BC} = \boxed{215.22N}$$

EVALUAR la respuesta

- Para verificar la solución, podemos comprobar que las fuerzas en las direcciones horizontal y vertical se equilibran.

$$\begin{aligned} \cos(45^\circ) &= \frac{T_{ACX}}{T_{AC}} & \text{sen}(45^\circ) &= \frac{T_{ACY}}{T_{AC}} \\ T_{ACX} &= 263.59N \cdot \cos(45^\circ) & T_{ACY} &= 263.59N \cdot \text{sen}(45^\circ) \\ T_{ACX} &= \boxed{-186.39N} & T_{ACY} &= \boxed{186.39N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos(30^\circ) &= \frac{T_{BCX}}{T_{BC}} & \text{sen}(30^\circ) &= \frac{T_{BCY}}{T_{BC}} \\ T_{BCX} &= 215.22N \cdot \cos(30^\circ) & T_{BCY} &= 215.22N \cdot \text{sen}(30^\circ) \\ T_{BCX} &= \boxed{186.39N} & T_{BCY} &= \boxed{107.61N} \end{aligned}$$

$$\omega_X = \boxed{0}$$

$$\omega_Y = \boxed{-294 \text{ N}}$$

$$\begin{aligned}\sum F_X &= 0 \\ T_{ACX} + T_{BCX} + \omega_X &= 0 \\ -186.39N + 186.39N + 0 &= 0 \\ &\boxed{0=0}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_Y &= 0 \\ T_{ACY} + T_{BCY} + \omega_Y &= 0 \\ 186.39N + 107.61N - 294N &= 0 \\ &\boxed{0=0}\end{aligned}$$

- La suma de las componentes de las tensiones en la dirección vertical debe igualar el peso del bloque, mientras que las componentes horizontales de las tensiones deben cancelarse mutuamente.

$$\begin{aligned}\sum F_X &= 0 \\ T_{ACX} + T_{BCX} &= \omega \\ -186.39N + 186.39N &= 0N \\ &\boxed{0 \text{ N} = 0 \text{ N}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_Y &= \omega \\ T_{ACY} + T_{BCY} &= \omega \\ 186.39N + 107.61N &= 294N \\ &\boxed{294 \text{ N} = 294 \text{ N}}\end{aligned}$$

Este enfoque estructurado permite determinar las tensiones T_{AC} y T_{BC} en las cuerdas utilizando el Teorema de Lamy. La clave está en aplicar correctamente las proporciones entre las fuerzas y los senos de los ángulos que forman, asegurando que el sistema esté en equilibrio estático.

2.7 Proceso de resolución de problema Método de Pólya

La resolución de problemas implica la capacidad de identificar y analizar situaciones problemáticas cuyo método de solución no resulta obvio de manera inmediata. Incluye también la disposición a involucrarnos en dichas situaciones con el fin de lograr nuestro pleno potencial como ciudadanos constructivos y reflexivos (Fundación Omar Dengo, 2014).

La educación matemática actual enfatiza las técnicas, fórmulas y procedimientos, descuidando la importancia de la comprensión, la presentación y el razonamiento. Esto convierte a los estudiantes en oyentes pasivos que solo tienen práctica en el uso de fórmulas que no entienden. Por lo tanto, el método de resolución de problemas Pólya brinda a los estudiantes una base diversificada para la resolución de problemas. Además, retroalimentación inmediata en forma de indicaciones puede ayudarlos a encontrar las respuestas por sí mismos, ayudándolos así a aprender de manera más efectiva.

Tal como menciona (Nguyn et al., 2023), el método de resolución de problemas de Pólya es un enfoque ampliamente reconocido en la enseñanza de las matemáticas, diseñado para mejorar las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes a través de un proceso estructurado de cuatro pasos: comprender el problema, idear un plan, llevar a cabo el plan y mirar atrás.

G. Pólya (1960) propuso que el proceso de resolución de problemas en la enseñanza debería llevarse a cabo en 4 pasos:

Paso 1:

Comprender el problema: Este paso consiste en formar en la mente de los estudiantes las manifestaciones de cada información contenida en el problema, descubrir la situación problemática, observarla buscando información, descubrir limitaciones u obstáculos, comprender la información dada y la información descubierta al pensar en la situación problemática, demostrar comprensión de conceptos relevantes a la situación.

Los estudiantes deben comprender el problema. Deben tener habilidades de comprensión lectora para identificar requerimientos en situaciones de aprendizaje. La parte más desafiante de resolver un problema es comprender exactamente de qué se trata. Los profesores deben saber presentar un problema para que los alumnos puedan sacar consecuencias y proponer así soluciones. Para promover la autosuficiencia y la creatividad de los estudiantes, es vital determinar si se revela información sobre el problema desde el principio o solo hasta cierto punto.

Paso 2:

Elaborar un plan: El paso 2 tiene como objetivo construir un símbolo claro de la situación problemática (un modelo de situación o modelo de problema). El principal resultado de la selección de una solución es la ideación de un plan. Esta idea puede aparecer de forma gradual o repentina después de pruebas aparentemente infructuosas y de un período de vacilación. Para hacer esto, la información relevante debe seleccionarse, organizarse mentalmente e integrarse con el conocimiento adquirido relevante. Incluye presentar el problema mediante la construcción de representaciones tabulares, gráficas, simbólicas o verbales y la conversión entre formatos; Formular hipótesis identificando factores relevantes en el problema y sus correlaciones; Organizar y evaluar críticamente la información.

Es necesario encontrar cómo se conectan los problemas menores (varios problemas) para que los estudiantes puedan encontrar soluciones y planificar soluciones.

Paso 3:

Ejecutar el plan: La determinación de las metas del plan implica establecer metas, aclarar las metas generales y establecer submetas (si es necesario); Desarrollar un plan: una estrategia para lograr el objetivo y los pasos esperados a seguir. Ejecutar el plan: asignar tareas (a realizar en grupos), tiempo de finalización y resultados esperados. Los profesores a menudo deben asignar tareas a grupos de estudiantes para implementar el plan acordado y ajustar la solución a la realidad en caso de un cambio.

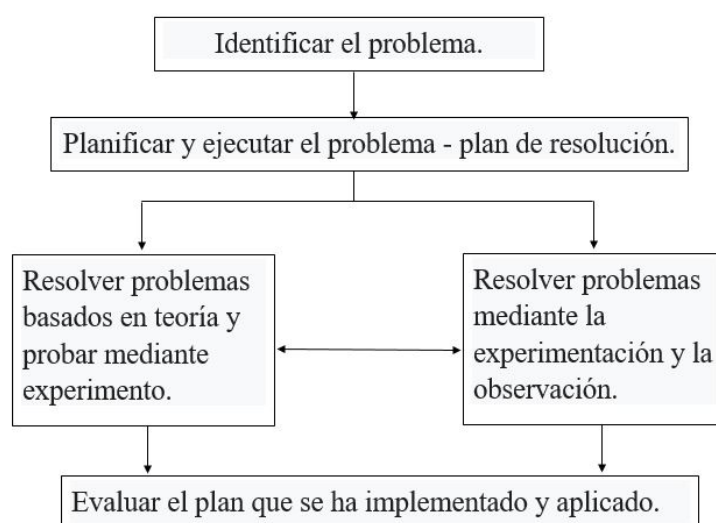
Paso 4:

Mirar hacia atrás y reflexionar (autoevaluar la solución implementada): El paso implica verificar el progreso en el logro de los objetivos en cada etapa, incluida la verificación de los resultados intermedios y finales, la detección de eventos inesperados y la adopción de medidas correctivas cuando sea necesario. Analizar y evaluar soluciones desde diferentes perspectivas, evaluar críticamente hipótesis y encontrar alternativas. Buscando información adicional o aclaración. Los profesores necesitan formar a los estudiantes en métodos y experiencia para trabajar de forma independiente. Sin embargo, si un estudiante se queda solo, sin ayuda o con ayuda insuficiente, es posible que no progrese en absoluto. Por el contrario, si los profesores ayudan demasiado o hacen todas las tareas de los estudiantes, no se pueden desarrollar las competencias de los estudiantes. Los profesores deben ayudar, pero ni mucho ni poco para que los alumnos puedan compartir el trabajo adecuadamente. Es necesario revisar la solución completa y discutir el plan implementado.

En el diagrama de la siguiente Figura 2.16 se muestra una combinación de los cuatro pasos de Pólya en la resolución de problemas. Se muestra el proceso de guiar a los estudiantes para resolver el problema.

Figura 2.16

Los cuatro pasos de Pólya en la resolución de problemas



Nota: Diagrama de flujo de la combinación de los cuatro pasos de Pólya en la resolución de problemas. Tomado de de Nguyn et al. (2023)

2.8 Competencias

Rodríguez y Feliù (1996) las definen como "Conjuntos de conocimientos, habilidades, disposiciones y conductas que posee una persona y que le permiten la realización exitosa de una actividad".

El aprendizaje por competencias se basa en el desarrollo integral del individuo, por lo que se entrelazan los tres saberes:

- Saber Conocer: implica el ámbito cognitivo, es decir la capacidad de internalizar los conocimientos.
- Saber Hacer: involucra la aplicabilidad, es decir la práctica que el alumno realiza demostrando dominio de las técnicas y los métodos.
- Saber Ser: incluye las actitudes y competencias sociales, es decir como el alumno se desenvuelve emocionalmente ante la búsqueda de conocer y de hacer tanto de manera individual y grupal.

2.8.1 Características de las actividades bajo el aprendizaje por competencias

En el aprendizaje por competencias se deben diseñar estrategias que promuevan:

- La creatividad, para elaborar algo nuevo con los conocimientos adquiridos.
- Iniciativa, para actuar en situaciones específicas y tomar decisiones.
- El pensamiento crítico, que nos invite a reflexionar bajo criterios propios.
- La capacidad de enfrentarse a un problema buscando soluciones positivamente y evaluando el riesgo que implican las decisiones tomadas.

Figura 2.17

Aprendizaje significativo por competencias



Nota: Tomado de Aula Planeta (2014)

La escuela debe promover la adquisición de las competencias clave que permitan a los alumnos aplicar lo aprendido en situaciones reales y desarrollarse a nivel individual, social, académico y laboral, a lo largo de su vida.

2.8.2 Competencias en la resolución de problemas

La finalidad general de la competencia de resolución de problemas es la de mejorar la confianza del alumno en su propio pensamiento, potenciar las habilidades y capacidades para aprender, comprender y aplicar los conocimientos y favorecer la consecución de un grado elevado de autonomía intelectual que le permita continuar su proceso de formación. También contribuye al desarrollo de otras competencias básicas como el trabajo en equipo, la creatividad, el análisis o el liderazgo.

Los problemas son situaciones nuevas que requieren que los individuos respondan con comportamientos nuevos. Resolver un problema implica realizar tareas que demandan procesos de razonamientos más o menos complejos y no simplemente una actividad asociativa y rutinaria.

La resolución de problemas constituye una de las líneas prioritarias de investigación en enseñanza de la Física. Tal vez, por la simple razón de que, tanto hacer experimentos como resolver problemas son indispensables para el aprendizaje de la Física (Díaz Lozada & Ortega Breto, 2022).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Según el enfoque

Esta investigación se enmarcó dentro de un enfoque experimental cuantitativo, ya que consiste en someter a un grupo de individuos (estudiantes) a un determinado tratamiento (variable independiente: intervención apoyada en la implementación de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy), para observar los efectos producidos (variable dependiente: desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes).

Así también, en este enfoque, se utilizan herramientas estadísticas para medir variables específicas, como el nivel de competencias adquiridas por los estudiantes antes y después de la implementación de la propuesta didáctica.

El propósito de este enfoque cuantitativo es proporcionar evidencia empírica y objetiva sobre la eficacia de la aplicación del Teorema de Lamy en el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. A través del análisis estadístico, la investigación busca confirmar o refutar hipótesis previamente formuladas, permitiendo conclusiones basadas en datos concretos y generalizables.

3.1.2 Según el lugar

La investigación es de campo, porque se lleva a cabo en el entorno natural donde ocurre el fenómeno de estudio, es decir, en el aula y con los estudiantes que participan directamente en el proceso educativo.

Este tipo de investigación implica la recolección de datos de primera mano, directamente en el lugar donde se desarrolla la actividad académica, en este caso, la Universidad Nacional de Chimborazo, con estudiantes de 2do semestre de la Carrera de Pedagogía en las Ciencias Experimentales: Matemática y Física. El investigador interactúa con los sujetos de estudio, implementando la propuesta didáctica en tiempo real y observando los efectos que tiene en el desarrollo de competencias para resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

3.1.3 Según el tiempo

La investigación se clasifica como un estudio de tipo transversal porque se centra en la observación y análisis de un fenómeno educativo específico en un momento determinado.

En este caso, se evalúa el impacto de la implementación de una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy sobre el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes en estudiantes. Al tratarse de un estudio transversal, se recogen y analizan datos en un único punto temporal, lo que permite identificar el estado actual de las competencias desarrolladas y medir la efectividad de la propuesta en un contexto educativo específico.

3.1.4 Según su nivel de profundidad

La investigación es de tipo explicativa debido a su enfoque en identificar y comprender las causas y efectos que subyacen en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

El objetivo principal de este tipo de investigación es explicar cómo y por qué la implementación del Teorema de Lamy en la didáctica de la física puede influir en el desarrollo de competencias específicas, como la capacidad de los estudiantes para resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. La investigación no solo describe el impacto de la propuesta didáctica, sino que también busca determinar las relaciones de causalidad entre la metodología aplicada y los resultados obtenidos en términos de competencias adquiridas.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es preexperimental con preprueba/posprueba de un solo grupo.

El diagrama de este diseño es el siguiente:

$$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

Al grupo se le aplicó una prueba previa, después se le administro el tratamiento y finalmente se le aplicó la prueba posterior al tratamiento, lo que permitió, comparar el nivel de competencias de los estudiantes antes y después de la implementación de la propuesta didáctica.

3.3 Descripción de la operacionalización de variables

La operacionalización de las variables se refiere a la estructura metodológica de la investigación que se llevó a cabo en la tesis titulada "Propuesta didáctica 'Teorema de Lamy' para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes", se presenta en el Anexo 2, además a continuación se realiza una breve descripción:

3.3.1 Variable independiente

La variable independiente "Propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy", se refiere a la creación y aplicación de una propuesta didáctica que busca estructurar el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de actividades y recursos educativos diseñados para mejorar la comprensión y resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Para operacionalizar esta variable, se la ha desglosado en tres dimensiones fundamentales:

- Dimensión: Planificación de la enseñanza

Indicadores: Claridad y alineación de los objetivos de aprendizaje, organización secuencial de las actividades, adecuación del tiempo asignado, consideración de las necesidades de los estudiantes e integración de contenido teórico y práctico.

Técnica e instrumento: Se utilizó la técnica de observación estructurada para evaluar estos aspectos, y se aplicó un instrumento basado en la revisión de expertos utilizando listas de verificación (checklist).

- Dimensión: Estrategias metodológicas

Indicadores: Uso de estrategias activas, adecuación de las estrategias a los contenidos, promoción del trabajo colaborativo, aplicación práctica del Teorema de Lamy y fomento del pensamiento crítico.

Técnica e instrumento: La técnica de observación estructurada, también se utilizó, y fue evaluada por medio de una revisión de expertos con un checklist.

- Dimensión: Contenido didáctico

Indicadores: Claridad y accesibilidad del contenido, eficacia del material didáctico, relevancia y contextualización de ejemplos y problemas, disponibilidad de recursos adicionales, y actualización y confiabilidad del contenido.

Técnica e instrumento: Se aplicó la observación estructurada, evaluada mediante una revisión de expertos a través de un checklist.

3.3.2 La variable dependiente

La variable dependiente se refiere al "Nivel de desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes",. Para operacionalizar esta variable, se la ha desglosado en dos dimensiones fundamentales:*

- Dimensión cognitiva

Indicadores: Comprensión y definición del equilibrio de fuerzas concurrentes, identificación correcta de las fuerzas actuantes en un sistema.

Técnica e instrumento: Se utilizó la técnica de encuesta, con un instrumento basado en un cuestionario de ítems del 1 al 5, así como una rúbrica de evaluación.

- Dimensión práctica:

Indicadores: Descomposición de fuerzas en componentes, aplicación de las condiciones de equilibrio ($\sum F_x = 0$ y $\sum F_y = 0$) para resolver problemas, planteamiento correcto de ecuaciones derivadas del equilibrio, resolución matemática adecuada, y verificación de la coherencia y exactitud de los resultados obtenidos.

Técnica e instrumento: Se aplicó la encuesta, con un cuestionario que incluye los ítems del 6 al 11.

Ésta operacionalización permite una evaluación estructurada de cómo la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy contribuye al desarrollo de competencias tanto cognitivas como prácticas en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, proporcionando indicadores claros y específicos para medir su efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.4 Técnica e instrumento para la recolección de datos

3.4.1 Técnicas

Las técnicas para la recolección de datos fueron:

La encuesta permitió recopilar información directa de los estudiantes y evaluar sus niveles de comprensión en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

Observación estructurada, ésta técnica implicó observar de manera sistemática y directa un documento donde se presenta la propuesta didáctica, utilizando un instrumento previamente diseñado, como fue un checklist.

3.4.2 Instrumentos

Como instrumento se utilizó el cuestionario que consta de 11 preguntas, la cual constituye un valioso instrumento de medición en el análisis educacional.

Así también se utilizó el checklist, como una guía estructurada que especifica los aspectos o criterios observados y evaluados en la propuesta didáctica.

3.5 Validez y confiabilidad de los instrumentos

A continuación, se presentan la validez y la confiabilidad de los instrumentos empleados en la investigación. Asimismo, el informe detallado sobre la validación y confiabilidad de los instrumentos puede consultarse en el Anexo 3

3.5.1 Validez

La validación constituye un requisito esencial en el diseño de instrumentos de recolección de datos, garantizando que las respuestas obtenidas sean pertinentes y confiables

para el análisis. Esto permitió evaluar de manera efectiva la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.

La validez del instrumento se realizó en base a la validez de contenido y de constructo, la cual se detalla a continuación:

3.5.1.1 Validación de Contenido

La validez de contenido se refiere a la medida en que el cuestionario cubre de manera adecuada y representativa los aspectos del dominio que se pretende medir, en este caso, las competencias cognitivas y prácticas en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

La escala de valoración para la obtención de la validez de los instrumento de recolección de datos fue el siguiente:

- Deficiente (0-20)
- Regular (21 – 40)
- Buena (41 – 60)
- Aceptable (61 – 80)
- Satisfactorio (81 – 100)

La Tabla 3.1, que muestra los resultados de la validación del cuestionario, presenta las evaluaciones proporcionadas por dos expertos en el área de Matemática y Física que laboran en diferentes Unidades Educativas de la Provincia.

Tabla 3.1

Resultados de validación del cuestionario

Expertos	Evaluación
Experto 1	Satisfactorio
Experto 2	Satisfactorio

Nota: Los resultados presentados corresponden a la evaluación realizada por expertos en el área.

Ambos expertos (Experto 1 y Experto 2) han evaluado el cuestionario como satisfactorio. Esto indica que los expertos consideran que el cuestionario cumple con los criterios de validez de contenido necesarios para ser utilizado como herramienta en la investigación, es decir el cuestionario es fiable y está alineado con los objetivos del estudio. Esto respalda el uso del cuestionario en la fase de recolección de datos, ya que los expertos consideran que es un instrumento adecuado y pertinente.

La validación del cuestionario por parte de los expertos sugiere que las preguntas están correctamente formuladas y son adecuadas para medir los aspectos que se pretenden evaluar en la investigación, relacionados con el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

3.5.1.2 Validación de Constructo

La validez de constructo se refiere a la capacidad del instrumento para medir las teorías o constructos que se buscan evaluar, en este caso, las competencias relacionadas con la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

Para evaluar la validez de constructo, se siguieron los siguientes pasos:

Definición clara de los constructos: Se definieron de manera precisa las competencias cognitivas y prácticas que se buscaban medir con el cuestionario. Estos constructos se fundamentaron en el marco teórico de la investigación, específicamente en el Teorema de Lamy y la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas.

Operacionalización de las variables: Los constructos fueron operacionalizados en dimensiones medibles, como habilidades cognitivas (comprensión teórica) y habilidades prácticas (resolución matemática). Cada dimensión fue desglosada en indicadores observables y medibles, que sirvieron de base para el diseño de los ítems del cuestionario.

3.5.2 Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento se refiere a la consistencia de las mediciones que produce. En otras palabras, un instrumento confiable es aquel que proporciona resultados consistentes y reproducibles cuando se aplica en diferentes momentos o a distintas muestras. Para determinar la confiabilidad del cuestionario, se realizaron los siguientes pasos:

Prueba piloto: Se aplicó el cuestionario a una muestra de estudiantes del mismo perfil al que va dirigido el estudio, es decir, estudiantes del segundo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales. Esta prueba permitió identificar posibles problemas de comprensión o ambigüedad en los ítems y medir la consistencia de las respuestas.

Cálculo del coeficiente de alfa de Cronbach: Uno de los estadísticos más utilizados para evaluar la consistencia interna de un instrumento es el alpha de Cronbach (Roco-Videla et al., 2024). El resultado del alfa de Cronbach es un número entre 0 y 1. Una puntuación de fiabilidad aceptable es aquella que es igual o superior a 0,7 (Heale & Twycross, 2015). El análisis de fiabilidad constituye una herramienta útil para incrementar la precisión de los exámenes (Soler Cardenas & Soler Pons, 2012).

Se calculó el coeficiente de alfa de Cronbach para determinar la consistencia interna del cuestionario. Este coeficiente evalúa el grado en que los ítems de un cuestionario están relacionados entre sí. La Tabla 3.2, que muestra las estadísticas de fiabilidad del cuestionario, presenta el coeficiente Alfa de Cronbach como medida de confiabilidad del instrumento, fue realizado en el programa estadístico SPSS.

Tabla 3.2*Estadísticas de fiabilidad del cuestionario*

Estadísticas de Fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,90	11

Nota: La tabla muestra los resultados del análisis de fiabilidad del cuestionario basado en el Alfa de Cronbach.

La prueba piloto arrojó un índice de confiabilidad (Alfa de Cronbach) de 0.90, a partir de las 11 preguntas del cuestionario es de 0,90, lo que indica una alta consistencia interna en las respuestas obtenidas, validando la confiabilidad del instrumento, de acuerdo con la interpretación de (Rozali et al., 2022) presentada en la Tabla. 3.3.

Tabla 3.3*Rangos de Fiabilidad*

Puntuación Alfa de Cronbach	Fiabilidad
0,8 - 1,0	Excelente y eficaz con un alto grado de consistencia.
0,7 - 0,8	Bueno y aceptable.
0,6 - 0,7	Aceptable.
< 0,6	El Ítem necesita ser revisado.
< 0,5	El Ítem necesita ser reemplazado.

Nota: La tabla muestra los rangos de fiabilidad según la puntuación del Alfa de Cronbach.

Un Alfa de Cronbach superior a 0,9 generalmente refleja que las preguntas incluidas en el cuestionario son altamente coherentes entre sí y miden aspectos relacionados de manera confiable, por lo que los resultados de la tabla indican que el cuestionario tiene un excelente nivel de fiabilidad, lo que fortalece la validez de los datos que se recojan con él. Esto asegura que el instrumento es apropiado para evaluar las competencias vinculadas a la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.

Revisión de ítems problemáticos: Aquellos ítems que presentaron baja correlación con el resto del cuestionario fueron revisados o eliminados para mejorar la confiabilidad del instrumento.

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

La población motivo de la investigación está conformada por 178 estudiantes que corresponden a los estudiantes matriculados en la Carrera de Pedagogía de las Ciencias

Experimentales: Matemática y la Física en el Ciclo Académico Mayo 2021 - Octubre 2021 de la Universidad Nacional de Chimborazo. Según consta en el registro de matrícula en secretaría de la carrera, detallada en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4

Población

Semestre	Número de estudiantes
Primero	23
Segundo	19
Tercero	22
Cuarto	32
Quinto	24
Sexto	21
Séptimo	28
Octavo	9
Total	178

Nota: La tabla muestra la distribución de estudiantes por semestre.

3.6.2 Muestra

La muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia, basada en la participación de 19 estudiantes universitarios de 2do Semestre de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemática y la Física de la Universidad Nacional de Chimborazo del periodo académico Mayo 2021 - Octubre 2021.

3.7 Hipótesis de investigación

La hipótesis de investigación planteada fue la siguiente:

Existe una diferencia estadísticamente significativa en las competencias de los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, antes y después de la implementación de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.

Para probar esta hipótesis, se llevó a cabo un diseño pre-experimental con un pre y postest. Los estudiantes recibieron la instrucción con y sin la aplicación de la propuesta didáctica del Teorema de Lamy. Se utilizaron pruebas de evaluación previas y posteriores a la intervención para medir el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

El análisis de los resultados se realizaron mediante pruebas estadísticas para determinar si existe una diferencia significativa en el desempeño de los estudiantes con y sin la propuesta didáctica, lo que permitirá validar o refutar la hipótesis planteada.

3.8 Métodos de análisis, y procesamiento de datos.

En esta investigación, se emplearon diversos métodos de análisis y técnicas de procesamiento de datos para evaluar la efectividad de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy en el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

3.8.1 Método de análisis

3.8.1.1 Inductivo - Deductivo

Este método permitió analizar los datos obtenidos a través de dos enfoques complementarios:

Inductivo: A partir de las observaciones y resultados específicos obtenidos de los cuestionarios aplicados a los estudiantes, se extrajeron patrones y conclusiones generales sobre las competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Este análisis permitió identificar las dificultades comunes y las áreas en las que los estudiantes requieren mayor apoyo.

Deductivo: Desde los principios teóricos establecidos, como el Teorema de Lamy y las leyes de la Física, se dedujeron criterios y estrategias que luego fueron aplicados para evaluar el desempeño de los estudiantes. De lo general (las leyes físicas) a lo particular (su aplicación en la resolución de problemas), este enfoque facilitó la comprensión de los problemas que los estudiantes experimentaron en su aprendizaje.

3.8.1.2 Analítico - Sintético

Análisis: Se descompuso el problema de la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de equilibrio de fuerzas concurrentes en sus elementos constitutivos. Esto incluyó la identificación de las principales dificultades en la comprensión del Teorema de Lamy, la correcta ejecución de cálculos y la verificación de resultados en la resolución de problemas. Se analizó cada uno de estos aspectos de manera detallada, lo que permitió una mejor comprensión de las causas subyacentes de las dificultades observadas en los estudiantes.

Síntesis: A partir del análisis de los resultados, se sintetizaron las conclusiones generales que permitieron seleccionar las estrategias didácticas más apropiadas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Esta síntesis integró los hallazgos del análisis cuantitativo y cualitativo, generando una propuesta didáctica basada en la mejora de las competencias en la resolución de problemas.

3.8.2 Procesamiento de datos

3.8.2.1 Recolección de datos

Los datos fueron recopilados a través de cuestionarios aplicados a estudiantes de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemáticas y Física de la Universidad Nacional de Chimborazo. Las pruebas fueron diseñadas para medir el nivel de competencia en la resolución de problemas antes y después de la implementación de la propuesta didáctica.

Se partió del nivel de competencias para resolver problemas de física como fue: la comprensión de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, identificación de datos en la resolución de problemas, aplicación del Teorema de Lamy y las leyes de la Física en la resolución de problemas, ejecución de cálculos en la resolución de problemas, verificación de resultados y finalmente la creatividad en la solución de problemas; para ello se diseñó una evaluación con 11 ejercicios de resolución de problemas de física para determinar los conocimientos previos de los estudiantes.

Los temas en los que se basaron los ejercicios de la evaluación están relacionados con la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Las puntuaciones obtenidas de acuerdo a las competencias adquiridas por los estudiantes se ajustaron de acuerdo a la escala: Insuficiente (1), aceptable (2), bueno (3) y excelente (4). Para obtener la puntuación final de la prueba, se da el mismo valor a cada pregunta.

3.8.2.2 Análisis cuantitativo

Se utilizó un enfoque cuantitativo para analizar los resultados obtenidos de las pruebas. Los datos fueron codificados y organizados en una base de datos, permitiendo su análisis estadístico. Para determinar la significancia de los resultados, se emplearon pruebas de hipótesis como el chi-cuadrado de Pearson para evaluar la independencia entre las variables, y se calculó el V de Cramer para medir la magnitud del efecto.

3.8.2.3 Procesamiento de datos

Los datos fueron procesados utilizando software estadístico como SPSS y R studio, que permitieron realizar análisis descriptivos y pruebas de inferencia estadística. Además, se utilizaron gráficos y tablas para visualizar la distribución de los resultados, destacando las diferencias entre los grupos de estudiantes que participaron con y sin la propuesta didáctica.

3.8.2.4 Análisis cualitativo:

Complementariamente, se realizó un análisis cualitativo en cuanto a la validación de la propuesta didáctica por expertos en el área de la Matemática y la Física.

3.8.2.5 Validación de resultados:

Finalmente, los resultados fueron validados a través de un proceso de triangulación, comparando los hallazgos cuantitativos y cualitativos para asegurar la coherencia y robustez de las conclusiones.

Este enfoque combinado permitió una evaluación integral de la propuesta didáctica, brindando una visión completa de su impacto en el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la sección de anexos se presenta una propuesta didáctica para la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes mediante el Teorema de Lamy, aplicada a estudiantes del segundo semestre de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemática y la Física basada en un enfoque constructivista y el uso de TIC, con una duración de 15 jornadas de clases de 45 minutos cada una, las actividades y lecciones se desarrollaron de manera virtual, se aplicó esta modalidad por circunstancias de la Pandemia Covid – 19.

El grupo estaba conformado por diecinueve estudiantes, a los cuales se aplicó la propuesta que estuvo diseñada en 2 fases: Como punto de partida, en la primera fase se desarrolló una nivelación en contenidos básicos de Trigonometría, en cambio en la segunda fase se realizó el abordaje a la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes con la aplicación del método de descomposición de fuerzas y el método del Teorema de Lamy, analizando las particularidades y ventajas de cada uno de los métodos.

La evaluación consistió en diferentes estrategias como la observación directa sobre los procesos desarrollados por los estudiantes, registrándolos en hojas diseñadas para este fin. Además, se contó con actividades prácticas donde se anotaban los pasos seguidos para la resolución de problemas y una evaluación final que incluía todos los criterios estudiados.

4.1 Tabulación de los resultados del cuestionario

A continuación, se presenta la relación entre la implementación de la propuesta didáctica y el nivel de competencia alcanzado por los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas. El análisis se sustenta en un diseño preexperimental, en el cual se evaluó a una misma muestra de estudiantes tanto antes como después de la intervención.

Asimismo, en los gráficos se observa que $n_{obs} = 38$, lo que representa el total de datos analizados. Estos datos corresponden a las evaluaciones realizadas antes y después de la intervención, aplicadas a los mismos estudiantes, es decir, cada estudiante fue evaluado en dos momentos distintos.

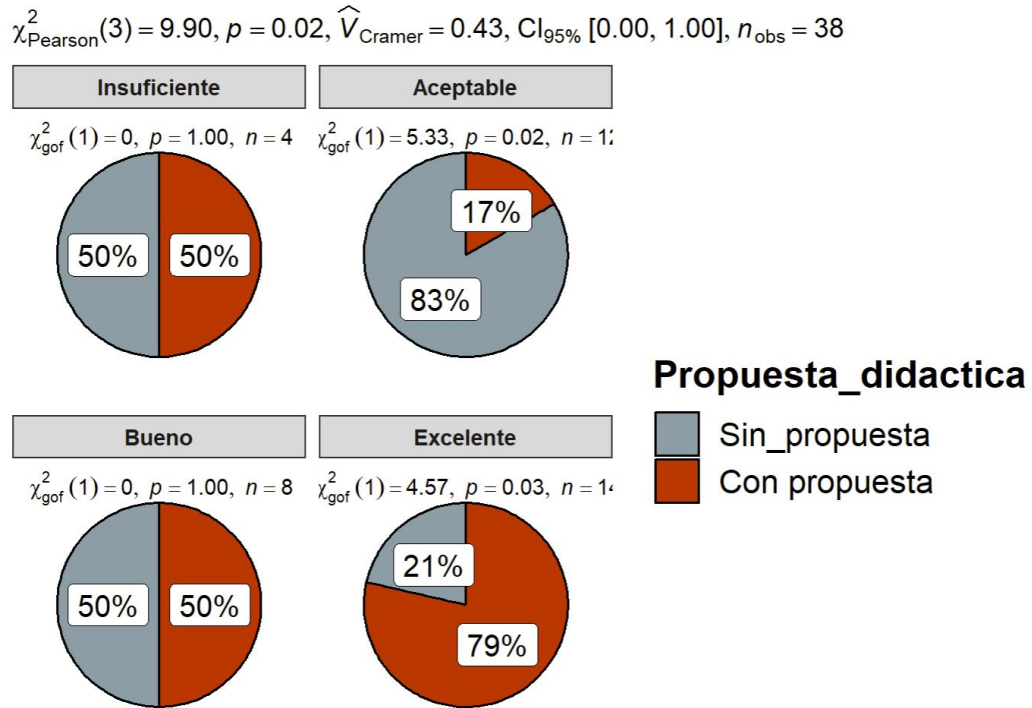
4.1.1 Comprensión de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes

La Figura 4.1 presenta un análisis comparativo de la comprensión en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, evaluada antes de la aplicación de la propuesta didáctica (en color gris) y después de su implementación (en color rojo). Los

resultados se distribuyen en cuatro niveles de desempeño: Insuficiente, Aceptable, Bueno y Excelente.

Figura 4.1

Comprensión de los problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes



Nota: Los datos reflejan el nivel de comprensión de los estudiantes sobre los problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos del cuestionario aplicado.

ANÁLISIS

- **Resumen estadístico:** $\chi^2_{\text{pearson}}(3) = 9.90, p=0.02$. Esto indica que se ha realizado una prueba de chi cuadrado de Pearson para evaluar la independencia entre las variables: Propuesta didáctica y nivel de competencias relacionada con la comprensión de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

El valor de p es bajo (0.02), lo que sugiere que hay una relación significativa entre las variables.

En cuanto al valor de $V_{\text{Cramer}} = 0.43, CI_{95\%} = [0.00, 1.00]$, indica la magnitud de la asociación entre las variables. Un valor de 0.43 sugiere una asociación relativamente fuerte.

- **Comparaciones entre categorías:**

Insuficiente: Antes de la intervención, el 50% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Tras la aplicación de la propuesta didáctica, el porcentaje no disminuyó.

Aceptable: Antes de la intervención, el 83% de los estudiantes se encontraban en el nivel "Aceptable", mientras que, después de la intervención, este porcentaje disminuyó al 17%.

Bueno: Antes de la intervención, el 50% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Tras la aplicación de la propuesta didáctica, el porcentaje no disminuyó.

Excelente: Antes de la intervención, el 21% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Tras la aplicación de la propuesta didáctica, el porcentaje aumentó al 79%.

- **p-valores por categoría:**

Insuficiente y Bueno tienen p-valor de 1.0, indicando que no hay diferencia significativa en estas categorías entre sin propuesta y con propuesta

Aceptable y Excelente tienen un p-valor de 0.02 y 0.03 respectivamente, indicando una diferencia significativa, es decir la propuesta didáctica ha mejorado significativamente el desempeño de los estudiantes en estas categorías.

INTERPRETACIÓN

- **Interpretación del gráfico:** Como el valor de chi-cuadrado es mayor, el grado de desviación entre las dos variables es mayor. Por otra parte, la significancia global de la prueba de chi-cuadrado global, muestra que hay una asociación significativa entre la Propuesta didáctica y Nivel competencia referente a la comprensión de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, con un p-valor muy bajo (< 0.05).
- **Eficacia de la propuesta didáctica:** Los resultados globales muestran que la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy tiene un impacto positivo en el desarrollo de la competencia de comprensión de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

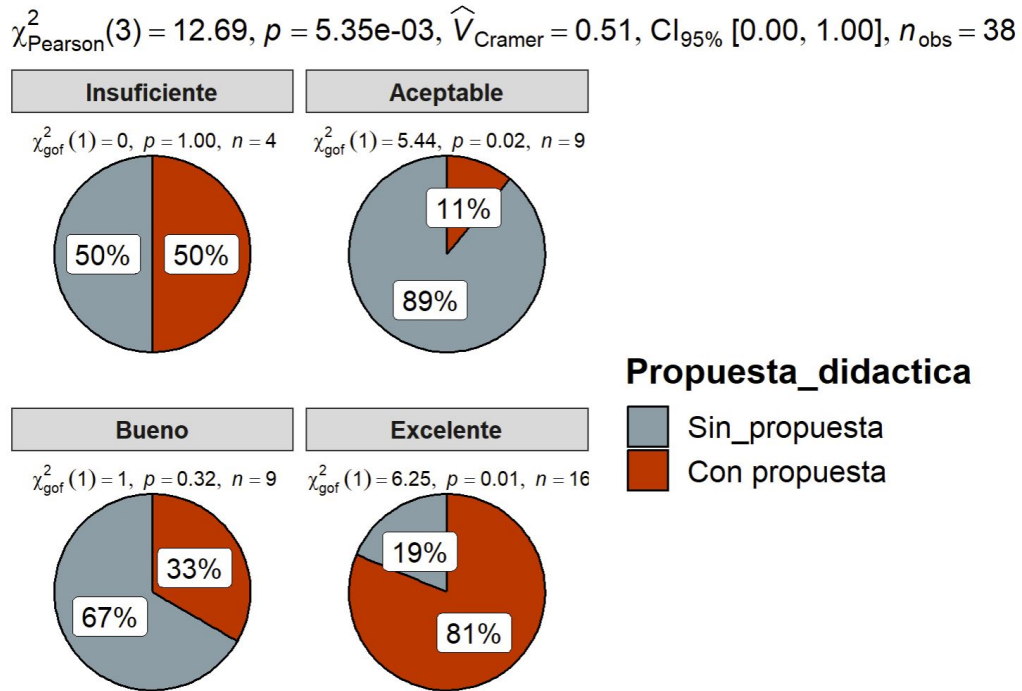
En conclusión, la implementación de la propuesta didáctica "Teorema de Lamy" se traduce en una mejora considerable en la capacidad de los estudiantes para comprender y resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, lo que sugiere que esta metodología debería considerarse como una estrategia didáctica preferente en la enseñanza de este tema.

4.1.2 Identificación de datos en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes

La Figura 4.2 ilustra la relación entre la implementación de la propuesta didáctica y el nivel de competencia de los estudiantes en la identificación de datos para la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas.

Figura 4.2

Identificación de datos en la resolución de problemas



Nota: Este gráfico ilustra cómo los estudiantes identifican los datos clave necesarios para resolver problemas relacionados con el equilibrio de fuerzas concurrentes. Elaboración propia basada en los resultados del cuestionario aplicado.

ANÁLISIS

- **Resumen estadístico:** $\chi^2_{\text{pearson}}(3) = 12.69, p = 5.35 \times 10^{-3}$. Esto indica que se ha realizado una prueba de chi cuadrado de Pearson para evaluar la independencia entre las variables: Propuesta didáctica y nivel de competencias específicamente con la identificación de datos en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

El valor de p es muy bajo (0.00535), lo que sugiere que hay una relación significativa entre las variables.

En cuanto al valor de $V_{\text{Cramer}} = 0.51, CI_{95\%} = [0.00, 1.00]$. Este valor de V de Cramer, que mide la fuerza de asociación, indica una asociación moderada entre la aplicación de la propuesta didáctica y el nivel de competencia de identificación de datos en la resolución de problemas alcanzado por los estudiantes.

- **Comparaciones entre categorías:**

Insuficiente: Antes de la intervención, el 50% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Tras la aplicación de la propuesta didáctica, el porcentaje no disminuyó.

Aceptable: El 11% de los estudiantes con la propuesta alcanzaron un nivel "Aceptable", en comparación con el 89% de aquellos sin la propuesta;

Bueno: El 33% de los estudiantes con la propuesta lograron un desempeño "Bueno", en comparación con el 67% de los estudiantes sin la propuesta.;

Excelente: En esta categoría, el 81% de los estudiantes con la propuesta lograron un desempeño "Excelente", en comparación con solo el 19% de los estudiantes sin la propuesta.

- **p-valores por categoría:**

Insuficiente y Bueno tienen p-valor de 1.0 y 0.32, indicando que no hay diferencia significativa en estas categorías entre sin propuesta y con propuesta.

Aceptable y Excelente tiene un p-valor de 0.02 y 0.01 respectivamente, indicando una diferencia significativa, es decir la propuesta didáctica ha mejorado significativamente el desempeño de los estudiantes en estas categorías.

INTERPRETACIÓN

- **Interpretación del gráfico:**

Los datos obtenidos muestran un impacto positivo significativo de la intervención basada en la propuesta didáctica en el desarrollo de competencias en los estudiantes, específicamente en el dominio de niveles superiores ("Excelente").

Previo a la intervención, la mayoría de los estudiantes se concentraban en niveles de competencia aceptables o buenos, indicando dificultades para identificar datos relevantes y resolver problemas.

- **Eficacia de la propuesta didáctica:**

Después de aplicar la propuesta didáctica, se observó que la mayoría de los participantes avanzaron hacia un nivel excelente, lo que respalda la efectividad de la estrategia en fortalecer su comprensión y desempeño. La diferencia en los resultados sugiere que la propuesta no solo fomenta un aprendizaje significativo, sino que también es adecuada para desarrollar competencias específicas relacionadas con la identificación y el análisis de datos en problemas físicos.

En conclusión, la implementación de la propuesta didáctica "Teorema de Lamy" se traduce en una mejora considerable en la capacidad de los estudiantes para identificar los datos y resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, lo que sugiere que esta metodología debería considerarse como una estrategia didáctica preferente en la enseñanza de este tema.

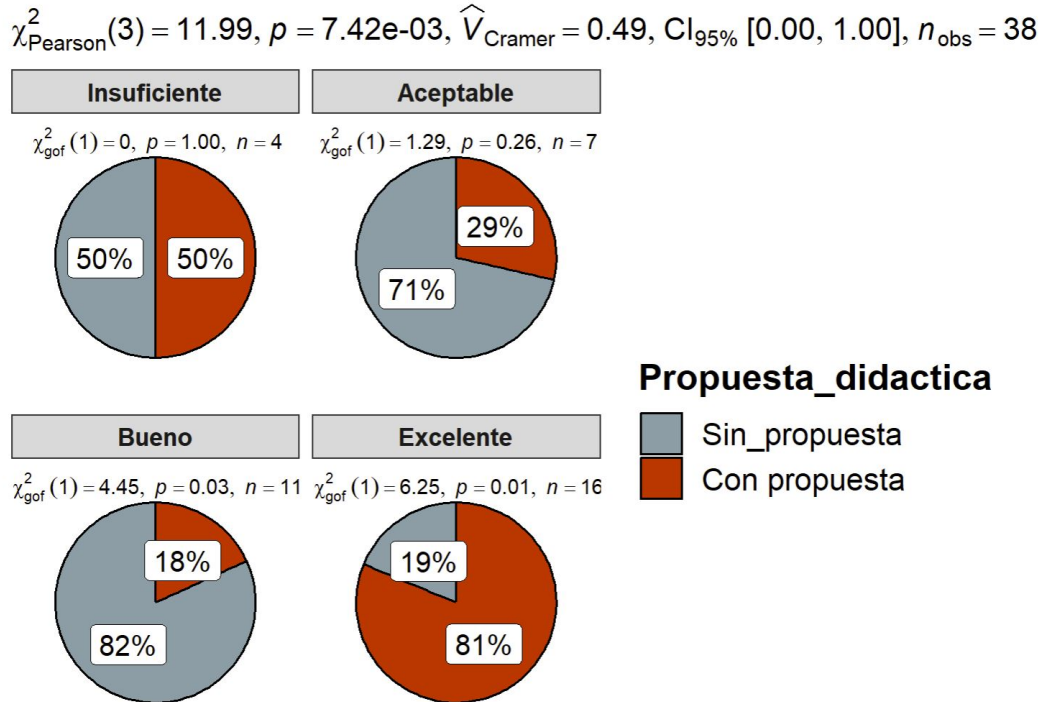
4.1.3 Aplicación del Teorema de Lamy y Leyes de Física en la resolución de problemas

La Figura 4.3 presenta un análisis comparativo de la aplicación del Teorema de Lamy en la solución de problemas, evaluada antes de la aplicación de la propuesta didáctica (en

color gris) y después de su implementación (en color rojo). Los resultados están segmentados en cuatro niveles de creatividad: Insuficiente, Aceptable, Bueno, y Excelente.

Figura 4.3

Aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas



Nota: El gráfico muestra el nivel de aplicación del Teorema de Lamy por parte de los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Elaboración propia basada en los datos recopilados mediante el cuestionario aplicado.

ANÁLISIS

- **Resumen estadístico:**

El valor $\chi^2_{\text{pearson}}(3) = 11.99$, y el p valor asociado de $p = 7.42 \times 10^{-3}$, sugieren que hay una diferencia estadísticamente significativa en la distribución de competencias evaluada antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica.

El valor de p es muy bajo (0.00742), lo que sugiere que hay una relación significativa entre las variables.

En cuanto al valor de $V_{\text{Cramer}} = 0.49, CI_{95\%} = [0.00, 1.00]$, indica una relación moderada entre las variables (propuesta didáctica y nivel de competencia).

- **Comparaciones entre categorías:**

Insuficiente: Antes de la intervención, el 50% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Tras la aplicación de la propuesta didáctica, el porcentaje no disminuyó, lo que podría interpretarse como una limitación en la capacidad de la propuesta para mejorar a los estudiantes en esta categoría.

Aceptable: Antes de la intervención, el 71% de los estudiantes lograban un nivel aceptable. Después de la propuesta, este porcentaje se redujo al 29%, lo que implica que algunos estudiantes avanzaron hacia niveles más altos de desempeño.

Bueno: No hubo un incremento significativo en esta categoría tras la propuesta didáctica, sin propuesta: 82% y con propuesta: 18%.

Excelente: La intervención tuvo un impacto notable en este nivel, sin propuesta: 19% y con propuesta: 81%.

p-valores por categoría:

Insuficiente y aceptable tienen p-valor de 1.0 y 0.26, indicando que no hay diferencia significativa en esta categoría entre sin propuesta y con propuesta

Bueno y Excelente tiene un p-valor de 0.03 y 0.01 respectivamente, indicando una diferencia significativa, es decir la propuesta didáctica ha mejorado significativamente el desempeño de los estudiantes en estas categorías.

INTERPRETACIÓN

- **Interpretación del gráfico:**

La propuesta didáctica tiene un impacto positivo y significativo en la adquisición de competencia relacionada con la aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas, los estudiantes alcanzan los niveles más altos de desempeño. La mayoría de los estudiantes con propuesta didáctica lograron un nivel excelente, lo que sugiere que dicha intervención es efectiva para mejorar su comprensión y habilidad en la resolución de problemas relacionados con el Teorema de Lamy.

- **Eficacia de la propuesta didáctica:** Los resultados globales muestran que la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy tiene un impacto positivo en el desarrollo de la competencia en la aplicación del Teorema de Lamy y Leyes de Física en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

En conclusión, la implementación de la propuesta didáctica "Teorema de Lamy" se traduce en una mejora considerable en la capacidad de los estudiantes para aplicar el teorema de Lamy en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

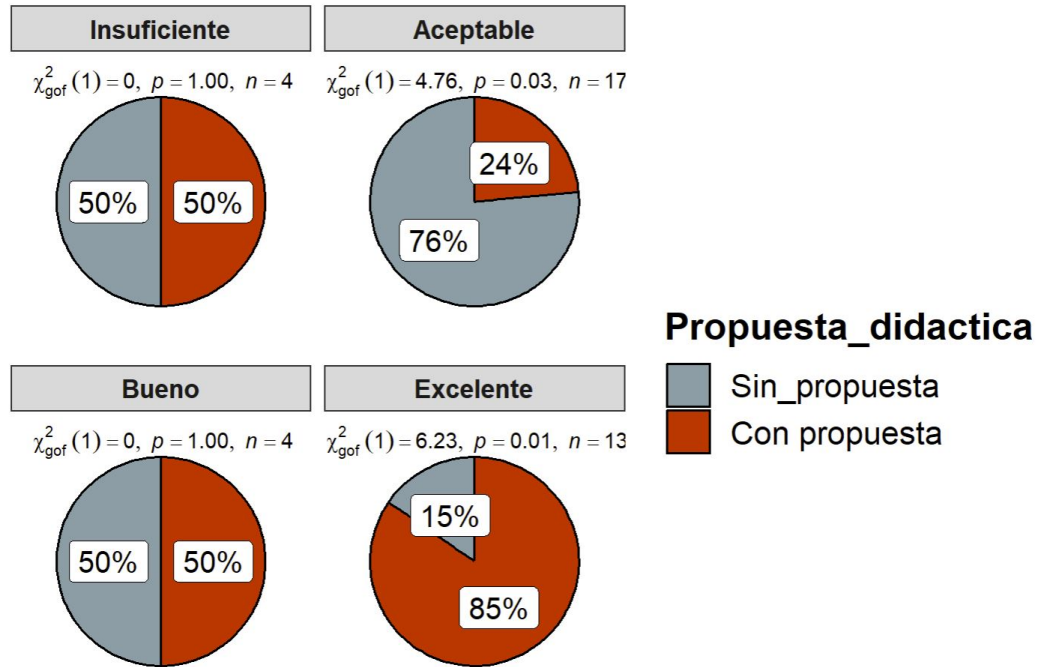
4.1.4 Ejecución de cálculos en la resolución de problemas

La Figura 4.4 presenta un análisis comparativo en la ejecución de la solución de problemas evaluada antes de la aplicación de la propuesta didáctica (en color gris) y después de su implementación (en color rojo). Los resultados están segmentados en cuatro niveles de creatividad: Insuficiente, Aceptable, Bueno, y Excelente.

Figura 4.4

Ejecución de cálculos en la resolución de problemas

$$\chi^2_{\text{Pearson}}(3) = 11.00, p = 0.01, \widehat{V}_{\text{Cramer}} = 0.46, CI_{95\%} [0.00, 1.00], n_{\text{obs}} = 38$$



Nota: La tabla muestra el desempeño de los estudiantes al realizar cálculos matemáticos relacionados con problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Datos elaborados a partir de los resultados obtenidos del cuestionario aplicado.

ANÁLISIS

- **Resumen estadístico:** $\chi^2_{\text{pearson}}(3) = 11.00, p = 0.01$. Este valor indica que hay una diferencia estadísticamente significativa, evaluado antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica.

El valor de p es bajo (0.01), lo que sugiere que hay una relación significativa entre las variables.

En cuanto al valor de $V_{\text{Cramer}} = 0.46, CI_{95\%} = [0.00, 1.00]$, indica la magnitud de la asociación entre las variables. Un valor de 0.46 sugiere una asociación relativamente fuerte.

- **Comparaciones entre categorías:**

Insuficiente: Antes de la intervención, el 50% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Tras la aplicación de la propuesta didáctica, el porcentaje no disminuyó.

Aceptable: El 24% de los estudiantes con la propuesta alcanzaron un nivel "Aceptable", en comparación con el 76% de aquellos sin la propuesta;

Bueno: Antes de la intervención, el 50% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Tras la aplicación de la propuesta didáctica, el porcentaje no disminuyó.

Excelente: El 85% de los estudiantes con la propuesta lograron un desempeño "Excelente", frente al 15% de los estudiantes sin ella.

- **p-valores por categoría:**

Insuficiente y Bueno tienen p-valor de 1.0, indicando que no hay diferencia significativa en esta categoría entre sin propuesta y con propuesta

Aceptable y Excelente tiene un p-valor de 0.03 y 0.01 respectivamente, indicando una diferencia significativa, es decir la propuesta didáctica ha mejorado significativamente el desempeño de los estudiantes en estas categorías.

INTERPRETACIÓN

- **Interpretación del gráfico:** Los estudiantes sin la propuesta se concentran más en las categorías Aceptable e Insuficiente, esto indica que los estudiantes con dificultades iniciales necesitan recursos adicionales, como un enfoque personalizado o estrategias complementarias, mientras que tras aplicar la propuesta logran un mayor éxito, moviéndose hacia las categorías de Bueno y, especialmente, Excelente. Esto sugiere que la propuesta ayuda a los estudiantes a elevar su nivel de desempeño.

La prueba de chi-cuadrado global y el análisis por categoría confirman que la propuesta didáctica tiene un impacto significativo, ayudando a más estudiantes a lograr un desempeño excelente en la ejecución de cálculos, reduciendo al mismo tiempo la proporción de estudiantes en niveles bajos o aceptables.

- **Eficacia de la propuesta didáctica:**

Estos resultados subrayan que la implementación de la propuesta didáctica ha sido efectiva para mejorar la precisión y calidad de los cálculos en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. El incremento significativo en el número de estudiantes que alcanzaron un rendimiento excelente pone de manifiesto la valiosa contribución de esta propuesta como herramienta pedagógica dentro del contexto formativo.

En resumen, la propuesta didáctica demuestra ser una herramienta eficaz para mejorar la competencia de los estudiantes en la ejecución de cálculos para la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, ayudándolos a alcanzar niveles de desempeño más altos.

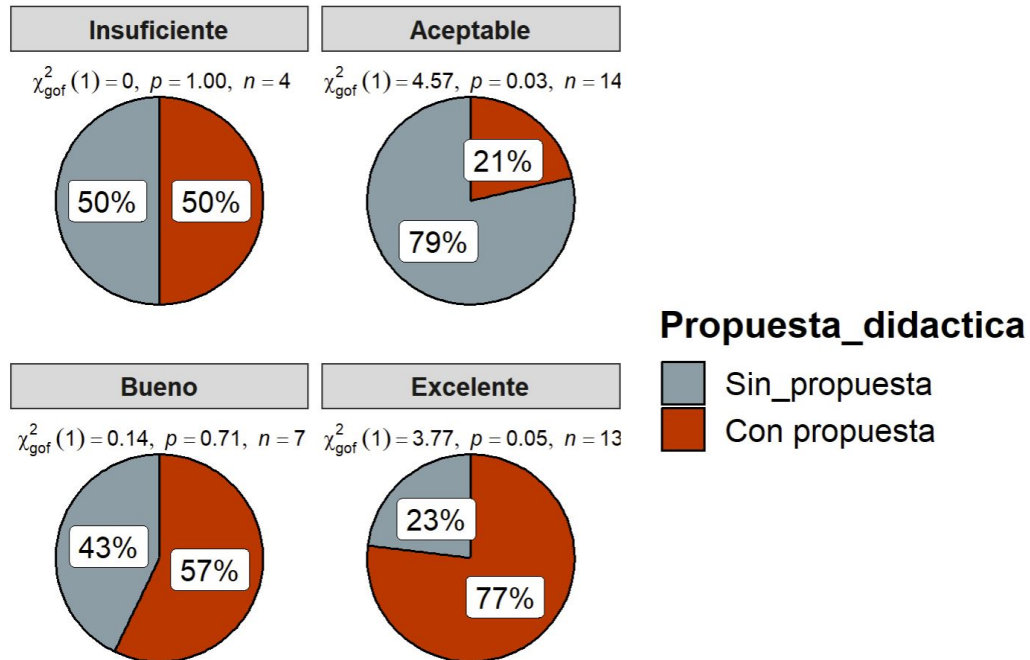
4.1.5 Verificación de resultados

La Figura 4.5 compara los resultados obtenidos en problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes antes y después de implementar la propuesta didáctica. Los resultados están segmentados en cuatro niveles de creatividad: Insuficiente, Aceptable, Bueno, y Excelente.

Figura 4.5

Verificación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas

$$\chi^2_{\text{Pearson}}(3) = 8.48, p = 0.04, \widehat{V}_{\text{Cramer}} = 0.38, CI_{95\%} [0.00, 1.00], n_{\text{obs}} = 38$$



Nota: El gráfico muestra la verificación de los resultados obtenidos en problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Elaboración propia basada en los datos recopilados mediante el cuestionario aplicado.

ANÁLISIS

• Resumen estadístico:

El resultado obtenido, $\chi^2_{\text{pearson}}(3) = 8.48, p=0.04$, indica que existe una diferencia significativa en el desempeño de los estudiantes, evaluado antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica. Este resultado respalda la efectividad de la propuesta al confirmar cambios significativos en el desempeño.

El valor de p es bajo (0.04), lo que sugiere que hay una relación significativa entre las variables.

En cuanto al valor de $V_{\text{Cramer}} = 0.38, CI_{95\%} = [0.00, 1.00]$, indica la magnitud de la asociación entre las variables. Un valor de 0.38 sugiere una asociación moderada.

• Comparaciones entre categorías:

Insuficiente: La proporción de estudiantes con resultados insuficientes es igual en ambas condiciones (50% sin propuesta y 50% con propuesta).;

Aceptable: Sin propuesta: 79% de los estudiantes alcanza este nivel. Con propuesta: 21% alcanza este nivel, mostrando un aumento significativo.

Bueno: Sin propuesta: 43% de los estudiantes obtiene resultados buenos. Con propuesta: 57% alcanza este nivel.

Excelente: Sin propuesta: Solo el 23% de los estudiantes llega a este nivel. Con propuesta: 77% de los estudiantes alcanza este nivel, mostrando un incremento notable.

- **p-valores por categoría:**

Insuficiente y Bueno tiene p-valor de 1.0 y 0.71, indicando que no hay diferencia significativa en esta categoría entre sin propuesta y con propuesta

Aceptable y Excelente tiene un p-valor de 0.03 y 0.05 respectivamente, indicando una diferencia significativa, es decir la propuesta didáctica ha mejorado significativamente el desempeño de los estudiantes en estas categorías.

INTERPRETACIÓN

- **Interpretación del gráfico:** Como el valor de chi- cuadrado es mayor, el grado de desviación entre las dos variables es mayor. Por otra parte, la significancia global de la prueba de chi-cuadrado global, muestra que hay una asociación significativa entre la Propuesta didáctica y Nivel competencia referente a la verificación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, con un p-valor bajo (< 0.05).
- **Eficacia de la propuesta didáctica:** Los resultados globales muestran que la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy tiene un impacto positivo en el desarrollo de la competencia de verificar los resultados en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Sin la propuesta, más estudiantes permanecen en niveles aceptables, mientras que con la propuesta, un mayor número de estudiantes alcanza niveles buenos y excelentes.

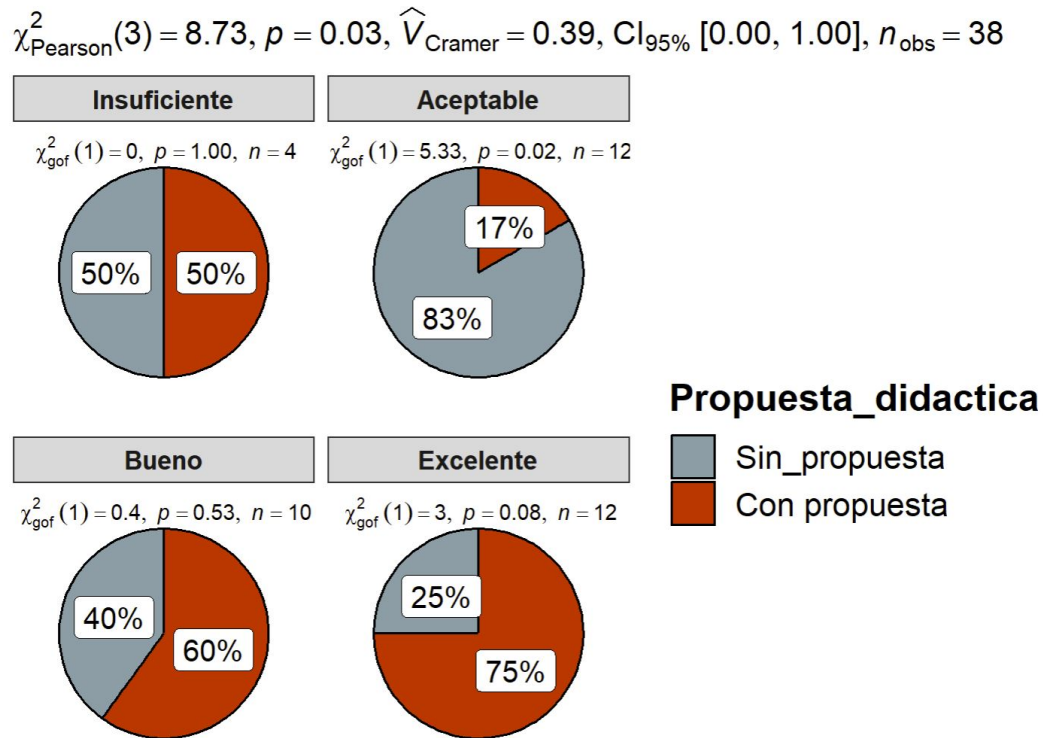
En resumen, la implementación del Teorema de Lamy como herramienta didáctica permite a los estudiantes mejorar sustancialmente su capacidad para enfrentar y resolver problemas complejos de física, desarrollando competencias que les permitirán aplicar este conocimiento en situaciones más avanzadas y desafiantes.

4.1.6 Creatividad en la solución del problema

La Figura 4.6 presenta un análisis comparativo de la creatividad en la solución de problemas, evaluada antes de la aplicación de la propuesta didáctica (en color gris) y después de su implementación (en color rojo). Los resultados están segmentados en cuatro niveles de creatividad: Insuficiente, Aceptable, Bueno, y Excelente.

Figura 4.6

Creatividad en la solución del problema



Nota: El gráfico representa el nivel de creatividad de los estudiantes al abordar soluciones novedosas y eficientes en problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos a través del cuestionario aplicado.

ANÁLISIS

- **Resumen estadístico:** El resultado $\chi^2_{\text{pearson}}(3) = 8.73, p=0.03$. Esto implica que la propuesta didáctica influye en la creatividad de los estudiantes para resolver problemas.

El valor de p es bajo (0.03), lo que sugiere que hay una relación significativa entre las variables.

En cuanto al valor de $V_{\text{Cramer}} = 0.39, CI_{95\%} = [0.00, 1.00]$, indica la magnitud de la asociación entre las variables. Un valor de 0.39 sugiere una asociación moderada.

El intervalo de confianza al 95% indica un rango amplio, lo que refleja variabilidad en los datos.

- **Comparaciones entre categorías:**

Insuficiente: El 50% de los estudiantes permanecen en este nivel tanto con como sin la propuesta, evidenciando que el grupo con desempeños más bajos no mostró mejoría significativa;

Aceptable: Antes de la propuesta, el 83% de los estudiantes se encontraba en este nivel. Después de la implementación, esta proporción disminuyó al 17%. Este cambio

refleja que la mayoría de los estudiantes avanzaron a niveles más altos de desempeño creativo

Bueno: En este nivel, el porcentaje aumentó del 40% al 60% con la propuesta didáctica. Este incremento demuestra un desarrollo positivo en las habilidades creativas del grupo.;

Excelente: El porcentaje de estudiantes en este nivel pasó del 25% al 75% tras la implementación de la propuesta. Este avance significativo indica que la intervención tuvo un efecto considerable en el fomento de la creatividad para resolver problemas complejos.

- **p-valores por categoría:**

Insuficiente, Bueno y Excelente tiene p-valor de 1.0, 0.53 y 0.08, indicando que no hay diferencia significativa en esta categoría entre sin propuesta y con propuesta

Aceptable tiene un p-valor de 0.02, indicando una diferencia significativa, es decir la propuesta didáctica ha mejorado significativamente el desempeño de los estudiantes en estas categorías.

INTERPRETACIÓN

- **Interpretación del gráfico:**

El análisis sugiere que la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy es efectiva para mejorar la creatividad de los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. La transición de los niveles "Aceptable" y "Bueno" al nivel "Excelente" refleja el éxito de la metodología al fomentar soluciones innovadoras y eficientes.

- **Eficacia de la propuesta didáctica:**

El uso de la propuesta didáctica parece ser una estrategia eficaz para fomentar niveles más altos de creatividad en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, especialmente en los estudiantes que ya muestran un buen nivel de desempeño.

Estos resultados refuerzan la efectividad de la propuesta didáctica en mejorar no solo el conocimiento técnico de los estudiantes, sino también su capacidad para aplicar creativamente estos conocimientos en la resolución de problemas. Por lo tanto, se puede concluir que la implementación de esta propuesta didáctica contribuye significativamente al desarrollo de competencias avanzadas en los estudiantes, alineándose con los objetivos de la tesis.

4.2 Proceso de prueba de hipótesis

4.2.1 Variables de estudio

Variable Independiente: Implementación de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.

Variable Dependiente: Nivel de desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

4.2.2 Formulación de hipótesis

H_0 : No existe una diferencia estadísticamente significativa en las competencias de los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, antes y después de la implementación de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.

H_1 : Existe una diferencia estadísticamente significativa en las competencias de los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, antes y después de la implementación de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.

4.2.3 Elección del estadístico de prueba

El análisis de chi-cuadrado se utiliza para determinar el grado de diferencia entre dos muestras, infiriendo así si existe una relación entre las dos variables. Dado que se está comparando las competencias de los mismos estudiantes antes y después de la implementación de la propuesta, y se está trabajando con datos de muestras relacionadas o pareadas, además las variables de estudio corresponden a variables categóricas con escala de medida ordinal, se aplica la prueba chi cuadrado.

Además, se trata de una prueba no paramétrica que es utilizada por los investigadores para examinar las diferencias entre variables categóricas en la misma población.

4.2.4 Especificación del nivel de significancia

El nivel de significancia aplicado es $\alpha = 0.05$, y prueba de hipótesis de dos colas.

4.2.5 Establecimiento de la regla de decisión

Donde p-valor es el valor de probabilidad y α es el nivel de significancia.

Si p-valor $\leq \alpha$ se rechaza la hipótesis nula

Si p-valor $> \alpha$ no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.

4.2.6 Cálculos estadísticos de la prueba de hipótesis

En la Tabla 4.1, se muestra los valores de probabilidad (p) de la prueba chi-cuadrada, las cuales fueron explicadas en el apartado 4.1.1 y son valores inferiores a 0,05, podemos

concluir que hay una diferencia significativa entre las dos puntuaciones.

Estos valores son menores que el valor alfa especificado de 0,05. Por lo tanto, podemos concluir que hay una diferencia significativa en el desarrollo de competencias para la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas antes y después de aplicar la propuesta. Los valores del chi cuadrado son mayores eso significa que el grado de desviación entre las dos variables es mayor

Tabla 4.1
Valores de probabilidad

Competencia	p valor	V Cramer
Comprensión	0.02	0.43
Identificación	0.00535	0.51
Aplicación	0.00742	0.49
Ejecución	0.00698	0.49
Verificación	0.04	0.38
Creatividad	0.03	0.39
Promedio	0.0183	0.45

Nota: Los valores p indican significancia estadística en relación a cada competencia evaluada, mientras que V Cramer mide la fuerza de la asociación.

Para interpretar la fuerza de la asociación entre las variables se usa los intervalos proporcionados por Rea, L. M. (1992). En la Tabla 4.2, se presenta una descripción de los valores típicos utilizados para interpretar la V de Cramer:

Tabla 4.2
Valores típicos utilizados para interpretar la V de Cramer:

Escala	Descripción
0.00 a 0.10	Asociación muy débil
0.10 a 0.20	Asociación débil
0.20 a 0.40	Asociación moderada
0.40 a 0.60	Asociación relativamente fuerte
0.60 a 0.80	Asociación fuerte
0.80 a 1.00	Asociación muy fuerte

Nota: Los valores de la V de Cramer permiten interpretar la intensidad de la asociación entre las variables, siendo 0.00 a 0.10 una asociación muy débil y 0.80 a 1.00 una asociación muy fuerte.

El valor de V Cramer promedio fue de 0.45, y de acuerdo a la Tabla 4.2, corresponde a una asociación relativamente fuerte

4.2.7 Decisión final

Se realizó una prueba chi cuadrado de muestras pareadas para evaluar la incidencia de la propuesta didáctica empleando el Teorema de Lamy en el desarrollo de competencias de resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Hubo un aumento estadísticamente significativo en las competencias adquiridas por los estudiantes.

4.3 Discusión de resultados

La Propuesta didáctica "Teorema de Lamy" desarrollada en la presente Investigación es muy funcional de acuerdo con los resultados favorables que se obtuvieron, la aplicación de la propuesta a permitido superar el desafío que consistía en lograr que los estudiantes comprendan y apliquen conceptos abstractos en problemas físicos del entorno, esto ha sido posible ya que la propuesta ha aprovechado al máximo la potencialidad de las herramientas tecnológicas educativas lo que ha sido decisivo para que los estudiantes adquieran competencias como la comprensión, identificación, aplicación, ejecución, verificación y creatividad en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, esto coincide con lo que expresa Darko, E. (2021) que la implementación interactiva de simuladores como herramienta educativa de TIC promueve un mejor aprendizaje y motiva el interés de los estudiantes por la física.

Los métodos de resolución de problemas afectan los resultados de aprendizaje de matemáticas de los estudiantes (Sappaile & Djam'an, 2017); (Purwanto et al., 2022), esto también coincide con los métodos de resolución en el área de la física. La resolución de problemas es una habilidad de gran importancia (Tambunan, 2018) y está relacionada con los resultados de aprendizaje de los estudiantes (Jailani et al., 2017).

Para la resolución de problemas sobre el equilibrio de fuerzas concurrentes utilizando el Teorema de Lamy, se consideró también el uso del Método de Polya. El proceso de resolución de problemas en cuatro pasos de Polya ha sido ampliamente adoptado en la enseñanza de las Matemáticas en muchos países de todo el mundo (por ejemplo, Estados Unidos, Reino Unido, Corea, Singapur, Indonesia y Tailandia). Sin embargo, hay pocos estudios sobre su aplicación en la enseñanza de la Física (Nguyn et al., 2023).

Diversos estudios han explorado ampliamente diferentes modelos de resolución de problemas, y el modelo de Polya se destaca como el más popular. Investigaciones realizadas por Syahrole et al. (2016); Gurat (2018); Ersoy (2016); Farida et al. (2018); y Liljedahl et al. (2016) han demostrado que el modelo de Polya es altamente eficaz para la resolución de problemas.

Los resultados del presente estudio coinciden con los resultados experimentales de (Nguyn et al., 2023) donde señalan que aplicar el proceso de resolución de problemas en cuatro pasos como se describe en el artículo, ayuda a desarrollar la capacidad de resolución de problemas de los estudiantes, cumpliendo los resultados de aprendizaje previstos en el programa de educación general 2018.

Por consiguiente, los resultados muestran que la aplicación de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy ha tenido un impacto positivo en el desarrollo de competencias de los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Los datos obtenidos de las evaluaciones pre y post-intervención revelan una mejora significativa en el rendimiento de los estudiantes.

El planteamiento de estrategias claras ayuda a los estudiantes a estructurar sus conocimientos previos, aplicando conceptos y principios físicos de manera coherente en el análisis de un problema. De esta manera, al utilizar el Teorema de Lamy, se espera que los estudiantes no solo identifiquen las fuerzas concurrentes, sino que también expliquen de manera razonada cómo dichas fuerzas interactúan y cómo pueden aplicar los conocimientos de equilibrio de fuerzas.

Elaborar y exponer de manera clara y concisa, una posible estrategia para la resolución del problema antes de proceder a esta, evitando recurrir al simple ensayo y error. Se trata de que los estudiantes, utilizando sus conocimientos de partida, elaboren de manera fundamentada una estrategia que pueda conducir a la resolución del problema y la expongan de forma resumida argumentando sobre ella y los pasos a seguir (Carrascosa-Alís et al., 2020)

Este hallazgo sugiere que el enfoque metodológico del Teorema de Lamy facilita una comprensión más profunda y aplicada de los conceptos de estática, lo que a su vez mejora la capacidad de los estudiantes para resolver problemas complejos relacionados con el equilibrio de fuerzas.

Así también, la implementación de la propuesta didáctica ha demostrado ser efectiva en el desarrollo de habilidades fundamentales como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la colaboración en equipo. Los estudiantes mostraron un mayor nivel de competencia en estas áreas, lo cual se evidenció en las actividades grupales y en la resolución de problemas complejos.

Este resultado destaca la importancia de integrar métodos de enseñanza que no solo se centren en los conceptos teóricos, sino también en el desarrollo de habilidades prácticas y cognitivas. La propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy ha sido eficaz en fomentar un entorno de aprendizaje que valora la aplicación práctica y la colaboración.

De igual forma los resultados coinciden con lo que expresa (Sinaga et al., 2023), el éxito de un proceso de resolución de problemas depende de lo bien que se entienda y defina el problema, de lo bien que se entienda cómo diseñar un algoritmo (solución) adecuado para él, de lo bien que se entienda cómo implementar el algoritmo con éxito y de lo bien que se entienda cómo evaluar la solución.

Por otra parte, a pesar de los resultados positivos, es importante reconocer las limitaciones del estudio, como el tamaño de la muestra y la duración limitada de la intervención. Estas limitaciones pueden haber influido en los resultados obtenidos.

Para futuras investigaciones, sería beneficioso ampliar el tamaño de la muestra y prolongar la duración de la intervención para obtener una visión más completa del impacto a largo plazo de la propuesta didáctica.

En resumen, los resultados de la investigación indican que la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy es efectiva para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Los hallazgos apoyan la hipótesis de que esta metodología mejora tanto la comprensión teórica como la aplicación práctica de los conceptos de estática.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La presente investigación, centrada en la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy, ha demostrado ser un recurso efectivo para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. A partir de los objetivos planteados, se puede concluir lo siguiente:

Diseño de la propuesta didáctica: El proceso de diseño de la propuesta didáctica permitió la integración del Teorema de Lamy en actividades pedagógicas que favorecen la comprensión profunda de los principios de equilibrio de fuerzas concurrentes. Este enfoque estructurado contribuyó a que los estudiantes adquirieran un marco teórico sólido y aplicable a situaciones prácticas.

Aplicación de la propuesta y aprendizaje significativo: La implementación de la propuesta didáctica facilitó un aprendizaje significativo entre los estudiantes. Al resolver problemas de equilibrio de fuerzas utilizando el Teorema de Lamy, los estudiantes no solo lograron entender mejor los conceptos fundamentales, sino que también desarrollaron habilidades para aplicar estos conceptos en la resolución de problemas complejos, lo que indica una internalización del conocimiento adquirido.

La propuesta didáctica desarrollada es una herramienta de apoyo pedagógico adecuada para el aprendizaje de la física, específicamente en el tema de equilibrio de fuerzas. Esta propuesta es muy útil para la resolución de problemas y para activar el pensamiento crítico. El uso de la propuesta también permite estudiar de forma independiente, debatir con amigos y comprender el material con claridad.

Evaluación de la eficacia: La evaluación realizada demostró que la propuesta didáctica fue eficaz en el desarrollo de competencias específicas en los estudiantes. Los resultados obtenidos indican una mejora significativa en la capacidad de los estudiantes para resolver problemas relacionados con el equilibrio de fuerzas concurrentes. Esto sugiere que la propuesta no solo es adecuada, sino que también tiene un impacto positivo en la formación de los estudiantes.

En resumen, la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy contribuye de manera significativa al desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, favoreciendo un aprendizaje más profundo y duradero. La investigación destaca la importancia de integrar conceptos teóricos con aplicaciones prácticas para lograr un aprendizaje efectivo.

5.2 Recomendaciones

Para potenciar la capacidad de resolución de problemas en los estudiantes, se recomienda que los docentes enfoquen sus esfuerzos en fortalecer primero la base de conocimientos y habilidades de los alumnos. Sin estos fundamentos, será difícil que los estudiantes logren un éxito real en la resolución de problemas. Es crucial priorizar la comprensión conceptual de los temas y, como siguiente paso, fomentar la práctica a través de ejercicios y actividades que refuercen el aprendizaje una de ellas las prácticas de laboratorio.

Los docentes deben fomentar la creatividad y motivación en la resolución de los problemas, para despertar el interés y que los estudiantes disfruten del aprendizaje y de la asignatura.

La propuesta puede ser utilizada en diferentes escenarios o contextos educativos, la misma puede ser innovada, incorporando ciertos parámetros, dependiendo el contexto social donde sea aplicada y del criterio de cada profesional.

El enfoque aplicado en la propuesta podría ser adaptado a diferentes temáticas de la asignatura de física de otros contextos o niveles educativos, ya que considera los estilos de aprendizaje para lograr aprendizajes significativos utilizando metodologías innovadoras como es uso de TIC, Flipped classroom, Pensamiento crítico, Gamificación, entre otras.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Título de la propuesta

Teorema de Lamy en Acción: Estrategia Didáctica para desarrollar competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes

6.2 Objetivo de la propuesta

Optimizar la enseñanza y el aprendizaje en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes mediante la aplicación del Teorema de Lamy, con el propósito de proporcionar a los estudiantes una comprensión sólida de los conceptos de estática y promover el desarrollo de habilidades fundamentales en el área.

6.3 Justificación de la propuesta

La propuesta didáctica del "Teorema de Lamy" en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes se justifica en la importancia fundamental de la enseñanza de la mecánica clásica para la formación de futuros docentes en el área de Física. Esta disciplina establece los principios esenciales que gobiernan el comportamiento de las partículas en sistemas inerciales y no inerciales, principios que son vitales para comprender fenómenos cotidianos donde las partículas poseen velocidades muy bajas en comparación con la velocidad de la luz.

En este contexto, resulta crucial que los estudiantes comprendan e identifiquen sistemas inerciales y no inerciales mediante la observación directa de fenómenos presentes en su vida diaria. Esta comprensión debe ser trasladada a una expresión matemática y representada mediante diagramas de cuerpo libre. Dichos diagramas permiten visualizar las fuerzas, que son magnitudes vectoriales, actuando sobre un cuerpo rígido. Este enfoque es esencial para analizar cuerpos sometidos a tres fuerzas concurrentes, trasladando la situación al campo de la geometría plana y formando un triángulo de fuerzas al cual se aplica el Teorema de Lamy.

Por consiguiente, el Teorema de Lamy se presenta como una técnica que emplea la geometría para resolver problemas de equilibrio, facilitando la comprensión y solución de ejercicios gracias a su menor grado de abstracción comparado con el álgebra. Las representaciones geométricas permiten a los estudiantes superar obstáculos y dificultades que pueden conducir a errores, promoviendo un aprendizaje más efectivo y significativo.

En conclusión, esta propuesta didáctica se justifica plenamente ya que facilita el aprendizaje de los estudiantes, introduce nuevas técnicas y metodologías al campo

educativo y evoluciona en consonancia con el entorno globalizante. Además, proporciona una alternativa más accesible al método tradicional algebraico para resolver problemas de cuerpos rígidos en equilibrio, contribuyendo al desarrollo integral de los futuros docentes en Física.

6.4 Fundamentación de la propuesta

La fundamentación de la propuesta didáctica del "Teorema de Lamy" se basa en teorías pedagógicas que promueven un aprendizaje activo y significativo, especialmente relevante en el contexto de la enseñanza virtual.

En primer lugar, la identificación de sistemas inerciales y no inerciales mediante la observación de vídeo y el análisis crítico de situaciones cotidianas permite a los estudiantes relacionar los conceptos teóricos con experiencias del mundo real. El aprendizaje por observación y el constructivismo, como destacan Bandura y Vygotsky, facilitan la internalización de estos conceptos en un entorno virtual, donde los vídeos, simuladores y otros recursos digitales pueden ser fácilmente integrados.

igual forma

En segundo lugar, construir diagramas de cuerpo libre para conceptualizar la primera ley de Newton y resolver problemas de aplicación permite a los estudiantes visualizar y entender mejor los conceptos abstractos. La enseñanza virtual puede potenciar esta comprensión mediante el uso de herramientas digitales interactivas que permiten a los estudiantes crear y manipular diagramas de cuerpo libre en línea.

Finalmente, aplicar el Teorema de Lamy para resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes promueve el pensamiento crítico y el aprendizaje basado en problemas (ABP). En un entorno virtual, los estudiantes pueden colaborar en tiempo real o asincrónicamente, utilizando plataformas digitales para investigar, discutir y resolver problemas, facilitando así un aprendizaje más profundo y menos abstracto de los conceptos físicos.

En resumen, esta propuesta didáctica se fundamenta en principios pedagógicos sólidos adaptados al contexto de la enseñanza virtual, promoviendo un aprendizaje activo, significativo y contextualizado. La integración de recursos digitales y herramientas interactivas en la enseñanza del Teorema de Lamy facilita la comprensión y aplicación práctica de los conceptos de equilibrio y fuerzas concurrentes, preparando eficazmente a los estudiantes para su futura labor docente en Física.

6.5 Diseño de la propuesta

La propuesta de investigación emplea entre una de las metodologías, la metodología del Flipped Classroom, que consiste en presentar los contenidos teóricos en línea antes de las sesiones en vivo, permitiendo que el tiempo en clase virtual se dedique a actividades prácticas

y de reflexión. La integración de metodologías activas, gamificación y herramientas digitales enriquece el proceso de aprendizaje.

Las sesiones se estructuran según el esquema del pensamiento crítico, abarcando las fases de anticipación, construcción del conocimiento y consolidación. El “Pensamiento crítico” implica el uso de la lógica, el razonamiento y la creatividad desarrollando en los estudiantes la capacidad de analizar y evaluar la información existente respecto a un tema determinado, pensar críticamente ayuda a resolver problemas complejos de muchas maneras debido que a través del pensamiento se produce el conocimiento.

Las metodologías de aprendizaje aplicadas en la presente propuesta son muy variadas, siendo pensadas y utilizadas con la finalidad de facilitar y efectivizar el proceso de inter aprendizaje, entre las metodologías utilizadas mencionamos las siguientes: Aprendizajes Basados en Proyecto (ABP), Aprendizaje Colaborativo, Aprendizaje Cooperativo, Aprendizaje por Descubrimiento, Aprendizaje Contextualizado, Aprendizaje Reflexivo, Aprendizaje Basado en el Juego, Aprendizaje Basado en la Indagación, Aprendizaje Basado en la Experiencia, el Cono del Aprendizaje de Edgar Dale y el método de resolución de problemas de Polya.

La efectividad de esta propuesta depende, en gran medida, de la capacidad del docente para manejar tanto los contenidos disciplinarios como las herramientas pedagógicas en entornos virtuales. Es esencial que las sesiones sean dinámicas, motivadoras e innovadoras, minimizando las dificultades técnicas y pedagógicas.

El objetivo principal de esta propuesta es desarrollar en los estudiantes la capacidad de aplicar el Teorema de Lamy para resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Esto implica una comprensión profunda de los principios de la estática, así como una mejora significativa en las habilidades de análisis y resolución de problemas físicos.

Para ello, se planifican 15 sesiones virtuales de 45 minutos cada una, diseñadas para fomentar un aprendizaje significativo y autónomo, mientras se promueve la interacción y la colaboración entre los estudiantes.

Las clases elaboradas corresponden a los siguientes temas:

Capítulo I: Fases de nivelación.

Fase de nivelación I

- Teorema de Pitágoras
- Razones Trigonométricas
- Ley de senos
- Ley de cosenos
- Ángulos entre paralelas y una transversal

Fase de nivelación II

- Introducción a Vectores
- Fuerza Resultante vs Fuerza Equilibrante

Capítulo II: Fase de abordaje.

- Demostración del Teorema de Lamy
- Explicación del Teorema de Lamy a través de la aplicación del método de Pólya para la resolución de problemas
- Aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.
- Aplicación del Teorema de Lamy a través de la experimentación
- Aplicación del Teorema de Lamy a través del uso de las TIC
- Actividad gamificada: "Desafío del Equilibrio"

6.6 Validación de la propuesta

La propuesta didáctica ha sido sometida a una validación a través de un juicio de expertos bajo cuatro criterios de evaluación, obteniendo los resultados detallados en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1

Validación de la propuesta didáctica: Expertos

Criterios	Evaluadores		
	Experto 1	Experto 2	Total
Planificación de la enseñanza	100%	100%	100%
Estrategias metodológicas	100%	100%	100%
Contenido didáctico	100%	100%	100%
Total	100%	100%	100%

6.7 Presentación de la propuesta didáctica

Para explorar en detalle la propuesta de investigación en mención, se invita a consultar en la sección del Anexo 5 presentados al final de este trabajo.

REFERENCIAS

- A Plus Topper. (2024). *Analysing forces in equilibrium*. Recuperado de <https://www.aplustopper.com/analysing-forces-in-equilibrium/>. (Accedido el 1 de marzo de 2024)
- Aula Planeta. (2014). *Claves y propuestas para poner en práctica el aprendizaje por competencias en el aula*. Recuperado de <https://www.aulaplaneta.com/2014/11/10/recursos-tic/claves-y-propuestas-para-poner-en-practica-el-aprendizaje-por-competencias-en-el-aula>.
- Beer, F., & Johnston, R. (2013). *Mecánica vectorial para ingenieros* (10th ed.). McGraw-Hill.
- BYJU'S. (2023). *Lami's theorem*. Recuperado de <https://byjus.com/jee/lamis-theorem/>. (Accedido el 8 de febrero de 2024)
- Carrascosa-Alís, J., Martínez, S., & Alonso, M. (2020, 08). Competencia Científica y Resolución de Problemas de Física. *Revista científica*, 201 - 215. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-22532020000200201&nrm=iso.
- Cavazos, A. (2024). *Dinámica y estática* [Internet]. Recuperado de https://www.academia.edu/10770655/Din%C3%A1mica_y_est%C3%A1tica. Santillana. (Accedido 13 de junio de 2024)
- Classroom, T. P. (2024). *Free fall and air resistance*. Recuperado de <https://www.physicsclassroom.com/class/newtlaws/Lesson-3/Free-Fall-and-Air-Resistance>. (Accedido el 1 de marzo de 2024)
- Coluccio, E. (2021). *Mecánica en física* [Internet]. Recuperado de <https://concepto.de/mecanica-en-fisica/>. (Accedido 9 de junio de 2024)
- Darko, E. (2021). Mejorar el aprendizaje de conceptos de física de los estudiantes con la simulación como herramienta tic educativa. *European Journal of Interactive Multimedia and Education*, 02111(2), 2.
- Díaz Lozada, J. A., & Ortega Breto, J. (2022, 12). La resolución de problemas de Física y el pensamiento matemático en la formación de ingenieros. *Referencia Pedagogía*, 10, 129 - 143. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-30422022000300129&nrm=iso
- Ersoy, E. (2016). Problem solving and its teaching in mathematics. the online journal of new horizons in education. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 6(2), 79-87.

- Farida, N., Bagus, A. S., & Maya, R. (2018). Students' problem-solving ability based on realistic mathematics with ethnomathematics. *Journal of Research and Advances in Mathematics Education*, 3(1), 13-24.
- Fernández, J. (2023). *Mecánica en física* [Internet]. Recuperado de <https://www.fisicalab.com/apartado/las-fuerzas>. (Accedido 9 de junio de 2024)
- Fernández, J. (2024). *Fuerzas concurrentes y paralelas* [Internet]. Recuperado de <https://www.fisicalab.com/apartado/fuerzas-concurrentes-paralelas>. (Accedido 13 de junio de 2024)
- Figuroa, A. (2023, dic.). Desarrollo de competencias científicas en secundaria. *Revista Oratores*(19), 188–202. Retrieved from <https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/oratores/article/view/1199> doi: doi: 10.37594/oratores.n19.1199
- Fitriani, A., Zubaidah, S., Susilo, H., & Al Muhdhar, M. H. I. (2020). The effects of integrated problem-based learning, predict, observe, explain on problem-solving skills and self-efficacy. *Eurasian Journal of Educational Research*, 20(85), 45–64.
- Fundación Omar Dengo. (2014). *Competencias del siglo xxi: Guía práctica para promover su aprendizaje y evaluación*. San José, Costa Rica: Fundación Omar Dengo. Retrieved from https://www.viaeducacion.org/downloads/ap/ehd/competencias_siglo_xxi.pdf
- Glencoe. (2005). *Physics: Principles and problems*. Columbus, OH: McGraw-Hill. (Visit the Physics Web site at physicspp.com for additional resources.)
- Gurat, M. (2018, Oct.). Mathematical problem-solving heuristics among student teachers. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 11(3), 53–64. Recuperado de <https://www.eriesjournal.com/index.php/eries/article/view/165>, DOI=10.7160/eriesj.2018.110302.
- Heale, R., & Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative studies. *Evidence-Based Nursing*, 18(3), 66–67. Retrieved from <https://ebn.bmj.com/content/18/3/66> doi: doi: 10.1136/eb-2015-102129
- Ince, E. (2019). Implementación y resultados de un nuevo enfoque de resolución de problemas en la enseñanza de la física. *Momentum: Physics Education Journal*. doi: doi: 10.21067/mpej.v3i2.3396
- Intriago, L., L. (2020). Una propuesta didáctica para formar y desarrollar competencias en la resolución de problemas en el nivel universitario del Ecuador. *Órbita Científica*, 26(ISSN: 1027-4472), 110.
- Jailani, J., Sugiman, S., & Apino, E. (2017). Implementing the problem-based learning in order to improve the students' skills and characters. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 4(2), 247–259.

- Kapelusz Editorial. (2018). *Modelo avanza naturales 4: Guía de actividades*. Recuperado de <https://www.editorialkapelusz.com/wp-content/uploads/2018/01/CAP-MODELO-AVANZA-NATURALES-4-BON.pdf>.
- Liljedahl, P., Santos-Trigo, M., Malaspina, U., & Bruder, R. (2016). *Problem solving in mathematics education: Springer open, icme-13* (S. Open, Ed.). Hamburg, Tropical Surveys..
- Llano, R. (1999). *Estática aplicada* (G. Silva, Ed.). Ciudad de Argentina (Argentina).
- Lumen, L. (2024). *Drawing free-body diagrams*. Recuperado de <https://courses.lumenlearning.com/suny-osuniversityphysics/chapter/5-7-drawing-free-body-diagrams/>. (Accedido el 1 de marzo de 2024)
- Nguyn, L. C., Thuan, H. T., & Giang, T. T. H. (2023). A application of g. polya's problem-solving process in teaching high-school physics. *Journal La Sociale*. doi: doi: 10.37899/journal-la-sociale.v4i1.761
- OpenStax. (2024). *Física universitaria volumen 1: Fuerzas*. Recuperado de <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/5-1-fuerzas>. (Accedido el 1 de marzo de 2024)
- Purwanto, J., Rahma, I. N., Gunawan, G., & Kusuma, J. W. (2022). The effect of mathematics problem-solving ability and learning independence on mathematics learning achievement in online learning. *International Journal of Economy, Education and Entrepreneurship (IJE3)*, 2(2), 309–316.
- Rea, L. M., P. (1992). *Designing and conducting survey research: A comprehensive guide*. jossey-bass.
- Roco-Videla, . A., Flores, S. V., Olguin-Barraza, M., & Maureira-Carsalade, N. (2024, 02). Alpha de cronbach y su intervalo de confianza. *Nutrición Hospitalaria*, 41, 270 - 271. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112024000100033&nrm=iso.
- Rozali, M. Z., Puteh, S., Yunus, F. A. N., Hamdan, N. H., & Latif, F. M. (2022). Reliability and validity of instrument on academic enhancement support for student-athlete using rasch measurement model. *Asian Journal of University Education*, 18(1), 293.
- Sappaile, B. I., & Djam'an, N. (2017). The influence of problem-solving methods on students' mathematics learning outcomes. *Global Journal of Engineering Education*, 19(3), 267–272.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2023). *Física para ciencias e ingeniería* (10a ed. ed.). México: Cengage Learning.
- Sinaga, B., Sitorus, J., & Situmeang, T. (2023). The influence of students' problem-solving understanding and results of students' mathematics learning. *Frontiers in Education*, 8. Recuperado de <https://www.frontiersin.org/>

journals/education/articles/10.3389/feduc.2023.1088556. doi:
doi: 10.3389/feduc.2023.1088556

- Snel, S. (2024). *Fuerzas coplanares* [Internet]. Recuperado de <https://www.studocu.com/ec/document/instituto-tecnologico-de-cerro-azul/ingenieria-en-sistemas-computacionales/12-resultante-de-fuerzas-coplanares/49664584>. (Accedido 13 de junio de 2024)
- Soler Cardenas, S. F., & Soler Pons, L. (2012, 02). Usos del coeficiente alfa de Cronbach en el análisis de instrumentos escritos. *Revista Médica Electrónica*, 34, 01 - 06. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242012000100001.
- Sukariasih, L., Tahang, L., Nursalam, L., & Fayanto, S. (2020). Description of physics problem-solving in the topic of static fluid: Case study of physics education in halu oleo university. *Universal Journal of Educational Research*, 8(10), 4568–4579.
- Sutarmi, K., & Suarjana, I. M. (2017). Peningkatan hasil belajar siswa menggunakan metode problem solving dalam pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 1(2), 75–82.
- Syahrole, A., Ag Saman, A., Malaysia, U., Kin, S., & Chin, K. E. (2016, 01). A model for mathematics problem solving..
- Sánchez, N., & Londo, F. (2018). Incidence of lamy's theorem in static learning: Balance of forces. *Journal of Physics: Conference Series*, 1043(1), 012051. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1043/1/012051>. doi: doi: 10.1088/1742-6596/1043/1/012051
- Tambunan, H. (2018). Impact of heuristic strategy on students' mathematics ability in high order thinking. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(3), 321–328.
- UNIR. (2023). *Qué son las estrategias didácticas? concepto, importancia y ejemplos*. Recuperado de <https://mexico.unir.net/noticias/educacion/estrategias-didacticas/>. (Accedido el 5 de febrero de 2024)
- Vasquez, Z. (2019). *Physics zone* [Internet]. Recuperado de http://www.profezenobio.com/profesor_zenobio/cta5/content/7.%20Diagrama%20de%20cuerpo%20libre.pdf. (Accedido 12 de mayo de 2022)
- Watson, T., K. (1995). Enseñanza de habilidades de resolución de problemas a profesores en formación: un análisis experimental analógico de tres métodos. *Journal of Behavioral Education*, 5(10.1007/BF02110316), 281-293.
- Yang, E. (2016). Uso de una aplicación móvil para ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades necesarias para resolver problemas de equilibrio de fuerzas. *The Physics Teacher*, 54(10.1119/1.4940177), 108 -111.

Zapata, F. (2022). *Diagrama de cuerpo libre* [Internet]. Recuperado de <https://www.lifeder.com/diagrama-cuerpo-libre/>. Ciencia física. (Accedido 11 de mayo de 2022)

Árbol Genealógico, P. (2023). *Diagramas de cuerpo libre*. Recuperado de <https://plantillaarbolgenealogico.net/diagramas/cuerpo-libre/>. (Accedido el 10 de diciembre de 2023)

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento para la recopilación de datos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN HUMANAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE CIENCIAS EXACTAS
CUESTIONARIO

Datos informativos

Nombre del estudiante:.....
Asignatura:
Semestre:
Periodo académico:.....
Fecha de aplicación:

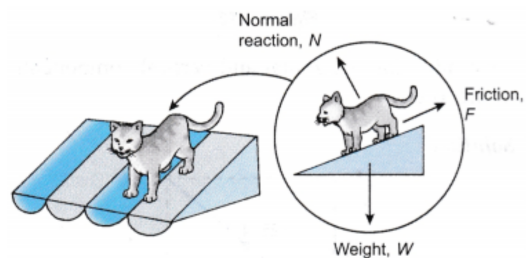
Instrucciones:

- Lea detenidamente las preguntas antes de responder.
- Analice cada pregunta y responda con sinceridad según su conocimiento.
- La evaluación es personal.
- Recuerde, el tiempo que dispone para la evaluación es de 60 minutos.
- Éxito

“Si buscas resultados distintos no hagas siempre lo mismo” Albert Einstein

Parte 1: Comprensión

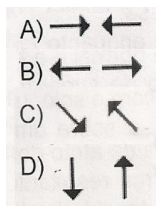
1. Describe en tus propias palabras qué se entiende por fuerzas concurrentes en el contexto del equilibrio de fuerzas.
2. Explica las dos condiciones necesarias para que un cuerpo esté en equilibrio estático.
3. La figura muestra un gato parado sobre un toldo. Como el gato está en reposo, las fuerzas que actúan sobre él, su peso, su reacción normal y su fricción, están en equilibrio. La fuerza resultante es igual a



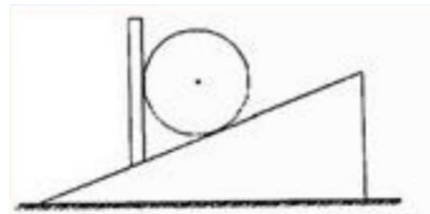
Adaptado de (A Plus Topper, 2024)

Parte 2: Identificación

4. Observe, a continuación, la representación de una situación de equilibrio. La mejor representación de las fuerzas que actúan en los puntos A (nudo) y B (la mano del chico Beto) es:



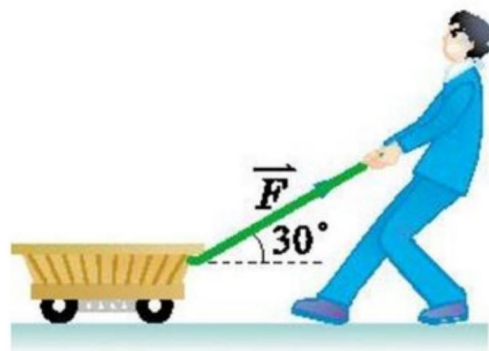
5. Como se muestra en la figura, una pequeña bola descansa sobre un plano inclinado bajo la acción de un deflector. Dibuje un diagrama esquemático de la fuerza sobre la pequeña bola.



Parte 3: Aplicación

6. En la figura, la fuerza de 5 kgf se centra en una dirección de 30° a lo largo del eje horizontal. Tirando de un automóvil, la fuerza que tira del automóvil hacia delante en la dirección horizontal es

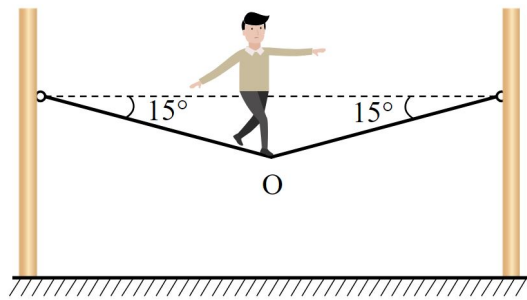
- (a) 4,13 kgf
 (b) 4,33 kgf
 (c) 4,63 kgf
 (d) 4,93 kgf



7. Como se muestra en la figura, el acróbata camina lentamente sobre la cuerda floja. Cuando llega al punto medio O, el ángulo entre la cuerda floja y la dirección horizontal es de 15° . Si la masa del actor es 65 kg, ¿cuál es la fuerza de tracción sobre el alambre de acero? (Tome $\sin 15^\circ = 0,259$, aceleración de la gravedad $g = 10$

m/s^2 , excluyendo la masa del alambre de acero)

- (a) 0 254,8 N
 (b) 1 254,8 N
 (c) 2 254,8 N
 (d) 3 254,8 N



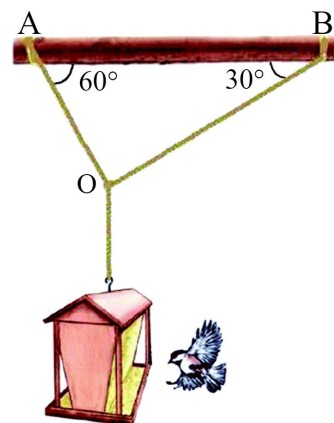
Parte 4: Ejecución

8. Cuelgue la jaula de una viga con una cuerda, como se muestra en la Figura. Si la jaula pesa 19,6 N, encuentre la fuerza de tracción de las cuerdas OA y OB en el nodo O.]

- (a) La fuerza de tracción de la cuerda OA en el nodo O es de 7,0 N y la dirección es de O a A a lo largo de la cuerda; la fuerza de tracción de OB en el nodo O es de 9,8 N y la dirección es de O a B a lo largo de la cuerda
- (b) La fuerza de tracción de la cuerda OA en el nodo O es de 17,0 N y la dirección es de O a A a lo largo de la cuerda; la fuerza de tracción de OB en el nodo O es de 19,8 N y la dirección es de O a B a lo largo de la cuerda
- (c) La fuerza de tracción de la cuerda OA en el nodo O es de 17,0 N y la dirección es de O a A a lo largo de la cuerda; la fuerza de tracción de

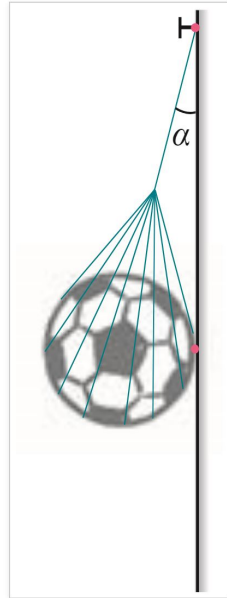
OB en el nodo O es de 9,8 N y la dirección es de O a B a lo largo de la cuerda

- (d) La fuerza de tracción de la cuerda OA en el nodo O es de 27,0 N y la dirección es de O a A a lo largo de la cuerda; la fuerza de tracción de OB en el nodo O es de 19,8 N y la dirección es de O a B a lo largo de la cuerda



9. Utilice una bolsa de red para colgar el balón en el punto A de la pared lisa. El punto de contacto entre el balón y la pared es B. La masa del balón de fútbol es m, el ángulo entre la cuerda de suspensión y la pared es α y la masa de la bolsa de red no está incluida. Encuentre la fuerza de tracción de la cuerda que cuelga del balón de fútbol y la fuerza de soporte de la pared sobre el balón de fútbol.

- (a) $\frac{\omega}{\cos(\alpha)}$
- (b) $\frac{\omega}{\sin(\alpha)}$
- (c) $\frac{\omega}{\tan(\alpha)}$
- (d) ω



Parte 5: Verificación

10. En el problema del acróbata que camina lentamente sobre la cuerda floja (Pregunta 8), verifica si la suma de las fuerzas es igual a cero. Esto comprobará si tus cálculos son correctos.
11. Describe un método alternativo para verificar que la jaula que cuelga de una viga con una cuerda (Pregunta 9) está en equilibrio utilizando las tensiones calculadas en las cuerdas.

Anexo 2: Opinión de expertos sobre la Validación de contenido del instrumento (Cuestionario)

Riobamba, 05 de Julio del 2021

Msc.

Milton Patricio Tene Lobato

DOCENTE DE LA UNIDAD EDUCATIVA FEDERICO GONZALEZ SUAREZ

Jorge Marcelo Chacha Granizo

DOCENTE DE LA UNIDAD EDUCATIVA JOSÉ MARÍA ROMÁN

Presente. -

De mi consideración:

Yo, Hugo Rolando Villagómez Sánchez egresado de la carrera de Pedagogía de las Ciencias experimentales: Matemáticas y la Física de la Universidad Nacional de Chimborazo. Actualmente, me encuentro desarrollando mi tesis titulada: **Propuesta didáctica “Teorema de Lamy” para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.**

El objetivo de mi investigación es desarrollar una propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy que facilite el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes en estudiantes de 2^{do} semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias experimentales: Matemáticas y la Física. Para ello, he diseñado instrumentos de recolección de datos.

Dado su reconocido conocimiento y experiencia en el área de la Matemática y la Física, me dirijo a usted respetuosamente para solicitar su colaboración en la validación del instrumento. Su valiosa opinión contribuiría significativamente a asegurar la precisión y la validez de los datos que se recolectarán en esta investigación.

Adjunto a esta carta encontrará los instrumentos que he desarrollado, junto con una breve descripción de cada uno de ellos y los objetivos que buscan medir. Estaría profundamente agradecido si pudiera revisarlos y proporcionarme sus observaciones y sugerencias para mejorarlos.

Estoy disponible para cualquier consulta o aclaración adicional que considere necesaria. Agradezco de antemano su tiempo y disposición para ayudarme en este proceso tan importante para mi investigación.

Quedo a la espera de su respuesta y agradezco nuevamente su colaboración.

Atentamente,



Hugo Villagómez
220005845 - 7



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, HUMANAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE CIENCIAS EXACTAS
VALIDACIÓN DE CONTENIDO EXPERTO 1

1. Datos informativos

- 1.1. Apellidos y nombres:** Milton Patricio Tene Lobato
1.2. Institución donde trabaja: Unidad Educativa Federico González Suarez
1.3. Título de mayor jerarquía: Magister en Ciencias de la Educación Aprendizaje de la Matemática
1.4. Campo de especialidad del validador: Matemática y Física
1.5. Correo electrónico: miltene@gmail.com
1.6. Fecha de validación: 12 / 06 / 2021

2. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Técnica e Instrumento
Variable Independiente: Propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.	Una propuesta didáctica es una planificación estructurada de actividades y recursos educativos diseñada para guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje, tomando en cuenta los principios pedagógicos, las características de los estudiantes y los objetivos educativos específicos.	Planificación de la enseñanza	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Claridad y alineación de los objetivos de aprendizaje ✓ Organización secuencial de las actividades ✓ Adecuación del tiempo asignado ✓ Consideración de las necesidades de los estudiantes ✓ Integración de contenido teórico y práctico 	Técnica: Observación estructurada Instrumento: Revisión de expertos (checklist)
		Estrategias metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de estrategias activas ✓ Adecuación de las estrategias a los contenidos ✓ Promoción del trabajo colaborativo ✓ Aplicación práctica del Teorema de Lamy ✓ Fomento del pensamiento crítico 	Técnica: Observación estructurada Instrumento: Revisión de expertos (checklist)
		Contenido didáctico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Claridad y accesibilidad del contenido ✓ Eficacia del material didáctico ✓ Relevancia y contextualización de ejemplos y problemas ✓ Disponibilidad de recursos adicionales ✓ Actualización y confiabilidad del contenido 	Técnica: Observación estructurada Instrumento: Revisión de expertos (checklist)
Variable Dependiente: Competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.	Implica habilidades cognitivas y acciones para identificar el problema; analizarlo y evaluarlo aplicando experiencia y conocimientos previos en el proceso para obtener la solución más práctica y adecuada.	Cognitiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprensión y definición del equilibrio de fuerzas concurrentes. ✓ Identificación correcta de las fuerzas actuantes en un sistema. 	Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario Ítems 1,2,3,4,5 Rúbrica de evaluación
		Práctica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Descomposición de fuerzas en componentes ✓ Aplicación de las condiciones de equilibrio ($\sum F_x=0$, $\sum F_y=0$) para resolver problemas. ✓ Planteamiento correcto de ecuaciones derivadas del equilibrio. ✓ Resolución matemática adecuada de las ecuaciones planteadas. ✓ Verificación de la coherencia y exactitud de los resultados obtenidos. 	Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario Ítems 6,7, 8,9,10,11 Rúbrica de evaluación

3. Escala de valoración

Luego de analizar el instrumento de investigación “cuestionario” con la matriz de consistencia descrita a continuación, solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación. Para cada criterio aplique la escala del 1 al 5 donde:

Escala de valoración				
1	2	3	4	5
Deficiente (0 – 20 %)	Regular (21 – 40 %)	Buena (41 – 60 %)	Aceptable (61 – 80 %)	Satisfactorio (81 – 100 %)

4. Matriz de validación

Matriz de validación						
Preguntas	Valoración					Observaciones y / o sugerencias
	1	2	3	4	5	
Criterio: Claridad						¿El ítem se comprende fácilmente? ¿La sintaxis y redacción son adecuados?.
Dimensión: Cognitiva						
Pregunta 1					x	
Pregunta 2					x	
Pregunta 3					x	
Pregunta 4					x	
Pregunta 5					x	
Dimensión: Práctica						
Pregunta 6					x	
Pregunta 7				x		
Pregunta 8					x	
Pregunta 9					x	
Pregunta 10					x	
Pregunta 11					x	
Total	54 / 55					
Criterio: Pertinencia						¿El ítem tiene relación lógica con las variables, dimensión o indicadores que está midiendo?.
Dimensión: Cognitiva						
Pregunta 1					x	
Pregunta 2					x	
Pregunta 3					x	
Pregunta 4					x	
Pregunta 5					x	
Dimensión: Práctica						
Pregunta 6					x	
Pregunta 7					x	
Pregunta 8					x	
Pregunta 9					x	
Pregunta 10					x	
Pregunta 11					x	
Total	55 / 55					
Criterio: Organización						¿Existe una organización lógica en la presentación del ítem respectivo?.
Dimensión: Cognitiva						

Pregunta 1					x		
Pregunta 2				x			
Pregunta 3					x		
Pregunta 4					x		
Pregunta 5					x		
Dimensión: Práctica							
Pregunta 6					x		
Pregunta 7					x		
Pregunta 8					x		
Pregunta 9					x		
Pregunta 10				x			
Pregunta 11				x			
Total	52 / 55						
Criterio: Relevancia						¿El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido?.	
Dimensión: Cognitiva							
Pregunta 1					x		
Pregunta 2					x		
Pregunta 3					x		
Pregunta 4					x		
Pregunta 5					x		
Dimensión: Práctica							
Pregunta 6					x		
Pregunta 7					x		
Pregunta 8				x			
Pregunta 9					x		
Pregunta 10					x		
Pregunta 11				x			
Total	53 / 55						
Total todos los criterios						214 / 220	
Promedio o Puntuación						53.5 / 55	

❖ **Opinión de Aplicabilidad**

- De 10 a 24: No valida, reformular
- De 25 a 34: No valido, modificar
- De 35 a 44: Valido, mejorar
- De 45 a 55: Valido, aplicar



FIRMA DEL EXPERTO VALIDADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, HUMANAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE CIENCIAS EXACTAS
VALIDACIÓN DE CONTENIDO EXPERTO 2

1. Datos informativos

- 1.1. Apellidos y nombres:** Jorge Marcelo Chacha Granizo
1.2. Institución donde trabaja: Unidad Educativa José María Román
1.3. Título de mayor jerarquía: Magister en didáctica de la Matemática para Educación Secundaria y Bachillerato.
1.4. Campo de especialidad del validador: Matemática y Física
1.5. Correo electrónico: jmarch_g@hotmail.com
1.6. Fecha de validación: 15 / 06 / 2021

2. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Técnica e Instrumento
Variable Independiente: Propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.	Una propuesta didáctica es una planificación estructurada de actividades y recursos educativos diseñada para guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje, tomando en cuenta los principios pedagógicos, las características de los estudiantes y los objetivos educativos específicos.	Planificación de la enseñanza	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Claridad y alineación de los objetivos de aprendizaje ✓ Organización secuencial de las actividades ✓ Adecuación del tiempo asignado ✓ Consideración de las necesidades de los estudiantes ✓ Integración de contenido teórico y práctico 	Técnica: Observación estructurada Instrumento: Revisión de expertos (checklist)
		Estrategias metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de estrategias activas ✓ Adecuación de las estrategias a los contenidos ✓ Promoción del trabajo colaborativo ✓ Aplicación práctica del Teorema de Lamy ✓ Fomento del pensamiento crítico 	Técnica: Observación estructurada Instrumento: Revisión de expertos (checklist)
		Contenido didáctico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Claridad y accesibilidad del contenido ✓ Eficacia del material didáctico ✓ Relevancia y contextualización de ejemplos y problemas ✓ Disponibilidad de recursos adicionales ✓ Actualización y confiabilidad del contenido 	Técnica: Observación estructurada Instrumento: Revisión de expertos (checklist)
Variable Dependiente: Competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.	Implica habilidades cognitivas y acciones para identificar el problema; analizarlo y evaluarlo aplicando experiencia y conocimientos previos en el proceso para obtener la solución más práctica y adecuada.	Cognitiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprensión y definición del equilibrio de fuerzas concurrentes. ✓ Identificación correcta de las fuerzas actuantes en un sistema. 	Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario Ítems 1,2,3,4,5 Rúbrica de evaluación
		Práctica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Descomposición de fuerzas en componentes ✓ Aplicación de las condiciones de equilibrio ($\sum F_x=0$, $\sum F_y=0$) para resolver problemas. ✓ Planteamiento correcto de ecuaciones derivadas del equilibrio. ✓ Resolución matemática adecuada de las ecuaciones planteadas. 	Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario Ítems 6,7,8,9,10,11 Rúbrica de evaluación

			✓ Verificación de la coherencia y exactitud de los resultados obtenidos.	
--	--	--	--	--

1. Escala de valoración

Luego de analizar el instrumento de investigación “cuestionario” con la matriz de consistencia descrita a continuación, solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación. Para cada criterio aplique la escala del 1 al 5 donde:

Escala de valoración				
1	2	3	4	5
Deficiente (0 – 20 %)	Regular (21 – 40 %)	Buena (41 – 60 %)	Aceptable (61 – 80 %)	Satisfactorio (81 – 100 %)

2. Matriz de validación

Matriz de validación						
Preguntas	Valoración					Observaciones y / o sugerencias
	1	2	3	4	5	
Criterio: Claridad						¿El ítem se comprende fácilmente? ¿La sintaxis y redacción son adecuados?.
Dimensión: Cognitiva						
Pregunta 1					x	
Pregunta 2					x	
Pregunta 3					x	
Pregunta 4					x	
Pregunta 5					x	
Dimensión: Práctica						
Pregunta 6					x	
Pregunta 7					x	
Pregunta 8					x	
Pregunta 9				x		
Pregunta 10					x	
Pregunta 11					x	
Total	54 / 55					
Criterio: Pertinencia						¿El ítem tiene relación lógica con las variables, dimensión o indicadores que está midiendo?.
Dimensión: Cognitiva						
Pregunta 1					x	
Pregunta 2					x	
Pregunta 3					x	
Pregunta 4					x	
Pregunta 5					x	
Dimensión: Práctica						
Pregunta 6					x	
Pregunta 7					x	
Pregunta 8					x	
Pregunta 9					x	
Pregunta 10					x	
Pregunta 11					x	
Total	55 / 55					

Criterio: Organización					¿Existe una organización lógica en la presentación del ítem respectivo?.
Dimensión: Cognitiva					
Pregunta 1					x
Pregunta 2					x
Pregunta 3					x
Pregunta 4					x
Pregunta 5				x	
Dimensión: Práctica					
Pregunta 6					x
Pregunta 7					x
Pregunta 8					x
Pregunta 9					x
Pregunta 10					x
Pregunta 11					x
Total	54 / 55				
Criterio: Relevancia					¿El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido?.
Dimensión: Cognitiva					
Pregunta 1					x
Pregunta 2					x
Pregunta 3					x
Pregunta 4					x
Pregunta 5					x
Dimensión: Práctica					
Pregunta 6					x
Pregunta 7					x
Pregunta 8					x
Pregunta 9				x	
Pregunta 10					x
Pregunta 11				x	
Total	53 / 55				
Total todos los criterios					216 / 220
Promedio o Puntuación					54 / 55

❖ **Opinión de Aplicabilidad**

- De 10 a 24: No valida, reformular
- De 25 a 34: No valido, modificar
- De 35 a 44: Valido, mejorar
- De 45 a 55: Valido, aplicar



FIRMA DEL EXPERTO VALIDADOR

Anexo 3: Informe de validación y confiabilidad del instrumento de recolección de datos (Cuestionario)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE “CHIMBORAZO”
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN HUMANAS Y TEGNOLOGÍAS
CARRERA DE CIENCIAS EXACTAS**

Informe de validación y confiabilidad del instrumento de recolección de datos

1. Información general

- **Investigador:** Hugo Villagómez
- **Título de la investigación:** Propuesta didáctica " Teorema de Lamy" para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.
- **Instrumento validado:** Cuestionario
- **Fecha de validación:** 12 / 06 / 2021
- **Objetivo del instrumento:** Medir el nivel de competencia que posee cada uno de los estudiantes en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes mediante el “Teorema de Lamy

2. **Introducción** En el presente informe, se documenta el proceso de validación de un cuestionario utilizado como instrumento de recolección de datos en la investigación titulada "Propuesta didáctica del Teorema de Lamy para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes". El cuestionario fue diseñado para evaluar las competencias cognitivas y prácticas en los estudiantes del segundo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemáticas y Física.

3. **Objetivo del Proceso de Validación** El objetivo de este informe es presentar el proceso y resultados de la validación del instrumento de recolección de datos diseñado para medir las competencias adquiridas en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes, en el marco de la propuesta didáctica basada en el Teorema de Lamy.

4. Participantes en la Validación

4.1. Expertos:

- Msc. Milton Patricio Tene Lobato, Magister en Ciencias de la Educación Aprendizaje de la Matemática, Correo electrónico: miltene@gmail.com

- Msc. Jorge Marcelo Chacha Granizo, Magister en Ciencias de la Educación Aprendizaje de la Matemática, Correo electrónico: jmarch_g@hotmail.com

4.2. **Muestra para la prueba piloto:** Se seleccionó una muestra de 10 estudiantes de 2do semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Matemáticas y Física de la Universidad Nacional de Chimborazo.

5. Resultados de la Validación

5.1. Validación de Contenido

La validez de contenido se refiere a la medida en que el cuestionario cubre de manera adecuada y representativa los aspectos del dominio que se pretende medir, en este caso, las competencias cognitivas y prácticas en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

Los expertos coincidieron en que el instrumento abarca los aspectos clave relacionados con el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

5.2. Validación de Constructo

La validez de constructo se refiere a la capacidad del instrumento para medir las teorías o constructos que se buscan evaluar, en este caso, las competencias relacionadas con la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

Para evaluar la validez de constructo, se siguieron los siguientes pasos:

Definición clara de los constructos: Se definieron de manera precisa las competencias cognitivas y prácticas que se buscaban medir con el cuestionario. Estos constructos se fundamentaron en el marco teórico de la investigación, específicamente en el Teorema de Lamy y la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas.

Operacionalización de las variables: Los constructos fueron operacionalizados en dimensiones medibles, como habilidades cognitivas (comprensión teórica) y habilidades prácticas (resolución matemática). Cada dimensión fue desglosada en indicadores observables y medibles, que sirvieron de base para el diseño de los ítems del cuestionario.

Tras la revisión, se concluyó que el instrumento efectivamente mide el desarrollo de las competencias propuestas, al incorporar tanto aspectos teóricos del Teorema de Lamy como su aplicación en la resolución de problemas prácticos.

6. Confiabilidad

La confiabilidad de un instrumento se refiere a la consistencia de las mediciones que produce. En otras palabras, un instrumento confiable es aquel que proporciona resultados consistentes y reproducibles cuando se aplica en diferentes momentos o a distintas muestras. Para determinar la confiabilidad del cuestionario, se realizaron los siguientes pasos:

Prueba piloto: Se aplicó el cuestionario a una muestra de estudiantes del mismo perfil al que va dirigido el estudio, es decir, estudiantes del segundo semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales. Esta prueba permitió identificar posibles problemas de comprensión o ambigüedad en los ítems y medir la consistencia de las respuestas.

Cálculo del coeficiente de alfa de Cronbach: Se calculó el coeficiente de alfa de Cronbach para determinar la consistencia interna del cuestionario. Este coeficiente evalúa el grado en que los ítems de un cuestionario están relacionados entre sí. Un valor de alfa superior a 0.7 se considera aceptable para indicar que el instrumento es confiable. La prueba piloto arrojó un índice de confiabilidad (Alfa de Cronbach) de 0.90, lo que indica una alta consistencia interna en las respuestas obtenidas, validando la confiabilidad del instrumento.

Revisión de ítems problemáticos: Aquellos ítems que presentaron baja correlación con el resto del cuestionario fueron revisados o eliminados para mejorar la confiabilidad del instrumento.

7. Conclusión

Tras realizar el proceso de validación de contenido, constructo y confiabilidad, se concluye que el cuestionario diseñado es un instrumento válido y confiable para la medición de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Las revisiones y ajustes realizados durante la validación aseguran que el instrumento refleja adecuadamente los constructos teóricos y que sus mediciones son consistentes y precisas. Se considera que está apto para su aplicación en el marco de la investigación Propuesta didáctica "Teorema de Lamy" para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

8. Anexos

- **Instrumento validado (versión final).**

Se muestra en el anexo 1 del presente trabajo de investigación

- **Opinión de los expertos sobre la validación de contenido del instrumento (Cuestionario) para la recolección de datos**

Se muestra en el anexo 2 del presente trabajo de investigación

- **Resultados del análisis de confiabilidad.**

Se muestra en el apartado 3.4.2 del presente trabajo de investigación

Anexo 4: Informe de validación de la propuesta didáctica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE “CHIMBORAZO” FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN HUMANAS Y TEGNOLOGÍAS CARRERA DE EXACTAS

Informe de validación de la propuesta didáctica por expertos

1. Introducción

Este informe tiene como objetivo presentar los resultados de la validación realizada por expertos en relación con la propuesta didáctica titulada "Teorema de Lamy en Acción: Estrategia Didáctica para desarrollar competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes". La validación fue llevada a cabo por dos especialistas en el área de la Matemática y la Física, a fin de evaluar la pertinencia, claridad, organización y eficacia de la propuesta.

2. Datos generales de los expertos

	Experto 1	Experto 2
Nombre del experto	Jorge Marcelo Chacha Granizo	Milton Patricio Tene Lobato
Institución donde labora	José María Román	Federico Gonzalez Suarez
Título	Magister en Didáctica de la Matemática para Educación Secundaria y Bachillerato	Magister en Ciencias de la Educación Aprendizaje de la Matemática
Campo de especialidad	Matemática y Física	Matemática y Física
Fecha de validación	15 de junio de 2021	12 de junio de 2021

3. Objetivo de la Validación

El propósito de esta validación es evaluar la calidad y adecuación de la propuesta didáctica "Teorema de Lamy en Acción" en el desarrollo de competencias para la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Se utiliza un checklist estructurado que permite medir la calidad en tres dimensiones principales:

- Planificación de la enseñanza
- Estrategias metodológicas
- Contenido didáctico

4. Metodología de Validación

La validación se realizó a través de la revisión de un checklist, donde los expertos evaluadores calificaron diversos ítems según si la propuesta "Cumple" o "No cumple" con los criterios establecidos. Adicionalmente, se proporcionaron sugerencias para mejorar la propuesta cuando fue necesario.

5. Resultados de la Validación

Dimensión 1: Planificación de la enseñanza

Los ítems evaluados en esta dimensión son:

- **Objetivos de aprendizaje:** Claramente definidos y alineados con el desarrollo de competencias.
- **Secuencia de actividades:** Bien organizada, facilitando la comprensión progresiva del Teorema de Lamy.
- **Tiempo asignado:** Adecuado para el desarrollo de las competencias propuestas.
- **Consideración de las necesidades de los estudiantes:** Adecuada.
- **Integración de contenidos teóricos y prácticos:** Coherente.

Resultado global: Cumple en todos los aspectos.

Dimensión 2: Estrategias Metodológicas

Los ítems evaluados en esta dimensión son:

- **Uso de estrategias activas:** Fomentan la participación de los estudiantes.
- **Adecuación de las estrategias:** Apropriadas para la enseñanza del equilibrio de fuerzas concurrentes.
- **Trabajo colaborativo:** Promovido durante la resolución de problemas.
- **Aplicación práctica del Teorema de Lamy:** Permite contextualizar los conceptos.
- **Fomento del pensamiento crítico:** Mediante las actividades diseñadas.

Resultado global: Cumple en todos los aspectos.

Dimensión 3: Contenido Didáctico

Los ítems evaluados en esta dimensión son:

- **Claridad del contenido:** Preciso y accesible para los estudiantes.
- **Material didáctico:** Facilita la comprensión del Teorema de Lamy.
- **Contextualización de ejemplos:** Relevantes y apropiados.
- **Recursos adicionales:** Disponibilidad de simuladores, videos y lecturas.
- **Actualización del contenido:** Basado en fuentes confiables.

Resultado global: Cumple en todos los aspectos.

6. Conclusiones

El proceso de validación ha demostrado que la propuesta didáctica "Teorema de Lamy en Acción" es adecuada para desarrollar competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. La propuesta cumple con los criterios

de claridad, coherencia y aplicación práctica, lo que garantiza su efectividad en el contexto educativo. Las sugerencias proporcionadas por los validadores se consideran relevantes y serán tomadas en cuenta para el perfeccionamiento de la propuesta.

7. Sugerencias de Mejoras

Se recomienda fortalecer la interacción con los recursos adicionales para que se conviertan en parte integral del desarrollo de la propuesta. Incluir más ejemplos contextualizados en situaciones de la vida cotidiana para reforzar la aplicación del Teorema de Lamy

8. Anexos A continuación se presenta la opinión de los dos expertos sobre la validación de la propuesta didáctica

EXPERTO 1

OPINIÓN DE EXPERTOS SOBRE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

1. Datos generales

- 1.1. Apellidos y nombres: Milton Patricio Tene Lobato
- 1.2. Institución donde trabaja: Unidad Educativa Federico González Suarez
- 1.3. Título de mayor jerarquía: Magister en Ciencias de la Educación Aprendizaje de la Matemática
- 1.4. Campo de especialidad del validador: Matemática
- 1.5. Correo electrónico: miltene@gmail.com
- 1.6. Fecha de validación: 12 / 06 / 2021

2. Matriz de criterios de evaluación

Revisar cada criterio de evaluación y marcar "Cumple" o "No cumple" en función de su observación y juicio experto. En caso de existir observaciones por favor indicar en la columna respectiva.

Ítem	Criterio de Evaluación	Cumple	No cumple	Sugerencias para mejorar la propuesta didáctica
Dimensión 1: Planificación de la enseñanza				
1.1	Los objetivos de aprendizaje están claramente definidos y alineados con el desarrollo de competencias.	x		
1.2	La secuencia de actividades está bien organizada y facilita la comprensión progresiva del Teorema de Lamy.	x		
1.3	El tiempo asignado para cada actividad es adecuado para el desarrollo de las competencias propuestas.	x		
1.4	Se consideran las necesidades y el nivel de los estudiantes en la planificación de la enseñanza.	x		
1.5	Existe una integración coherente entre los contenidos teóricos y las actividades prácticas.	x		
Dimensión 2: Estrategias Metodológicas				
2.1	Se utilizan estrategias metodológicas activas que fomentan la participación de los estudiantes.	x		
2.2	Las estrategias empleadas son apropiadas para la enseñanza del equilibrio de fuerzas concurrentes.	x		
2.3	Se promueve el trabajo colaborativo entre los estudiantes durante la resolución de problemas.	x		
2.4	Las actividades propuestas permiten a los estudiantes aplicar el Teorema de Lamy en contextos prácticos.	x		
2.5	Se fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas mediante las actividades diseñadas.	x		
Dimensión 3: Contenido Didáctico				
3.1	El contenido didáctico es claro, preciso y accesible para los estudiantes.	x		
3.2	El material didáctico facilita la comprensión del Teorema de Lamy y su aplicación en problemas de equilibrio.	x		
3.3	Los ejemplos y problemas propuestos están contextualizados y son relevantes para el aprendizaje.	x		
3.4	Se proporcionan recursos adicionales (simuladores, videos, lecturas) para apoyar el aprendizaje.	x		
3.5	El contenido didáctico está actualizado y basado en fuentes confiables	x		

3.6	¿La propuesta tiene el potencial de mejorar significativamente la comprensión de los estudiantes sobre el equilibrio de fuerzas concurrentes?	x		
3.7	¿La propuesta puede ser replicada o adaptada en otros contextos educativos?	x		



FIRMA DEL EXPERTO VALIDADOR

EXPERTO 2

OPINIÓN DE EXPERTOS SOBRE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

1. Datos generales

- 1.1. Apellidos y nombres: Jorge Marcelo Chacha Granizo
- 1.2. Institución donde trabaja: Unidad Educativa José María Román
- 1.3. Título de mayor jerarquía: Magister en didáctica de la Matemática para Educación Secundaria y Bachillerato.
- 1.4. Campo de especialidad del validador: Matemática
- 1.5. Correo electrónico: jmarch_g@hotmail.com
- 1.6. Fecha de validación: 15/ 06 / 2021

2. Matriz de criterios de evaluación

Revisar cada criterio de evaluación y marcar "Cumple" o "No cumple" en función de su observación y juicio experto. En caso de existir observaciones por favor indicar en la columna respectiva.

Ítem	Criterio de Evaluación	Cumple	No cumple	Sugerencias para mejorar la propuesta didáctica
Dimensión 1: Planificación de la enseñanza				
1.1	Los objetivos de aprendizaje están claramente definidos y alineados con el desarrollo de competencias.	x		
1.2	La secuencia de actividades está bien organizada y facilita la comprensión progresiva del Teorema de Lamy.	x		
1.3	El tiempo asignado para cada actividad es adecuado para el desarrollo de las competencias propuestas.	x		
1.4	Se consideran las necesidades y el nivel de los estudiantes en la planificación de la enseñanza.	x		
1.5	Existe una integración coherente entre los contenidos teóricos y las actividades prácticas.	x		
Dimensión 2: Estrategias Metodológicas				
2.1	Se utilizan estrategias metodológicas activas que fomentan la participación de los estudiantes.	x		
2.2	Las estrategias empleadas son apropiadas para la enseñanza del equilibrio de fuerzas concurrentes.	x		
2.3	Se promueve el trabajo colaborativo entre los estudiantes durante la resolución de problemas.	x		
2.4	Las actividades propuestas permiten a los estudiantes aplicar el Teorema de Lamy en contextos prácticos.	x		
2.5	Se fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas mediante las actividades diseñadas.	x		
Dimensión 3: Contenido Didáctico				
3.1	El contenido didáctico es claro, preciso y accesible para los estudiantes.	x		
3.2	El material didáctico facilita la comprensión del Teorema de Lamy y su aplicación en problemas de equilibrio.	x		
3.3	Los ejemplos y problemas propuestos están contextualizados y son relevantes para el aprendizaje.	x		
3.4	Se proporcionan recursos adicionales (simuladores, videos, lecturas) para apoyar el aprendizaje.	x		
3.5	El contenido didáctico está actualizado y basado en fuentes confiables	x		

3.6	¿La propuesta tiene el potencial de mejorar significativamente la comprensión de los estudiantes sobre el equilibrio de fuerzas concurrentes?	x		
3.7	¿La propuesta puede ser replicada o adaptada en otros contextos educativos?	x		



FIRMA DEL EXPERTO VALIDADOR

Anexo 5: Propuesta didáctica

Teorema de Lamy

Propuesta

Didáctica

$$\rho := \frac{1 + \sqrt{-3}}{2}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, HUMANAS Y
TECNOLOGÍAS
CARRERA DE CIENCIAS EXACTAS
PROPUESTA DIDÁCTICA

*Teorema de Lamy en acción:
Estrategia didáctica para desarrollar competencias en la
resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes*

Autor:

Tlg. Hugo Villagómez

Asesora de tesis:

Dra. Narcisa Sánchez S.

Septiembre, 2024

PRESENTACIÓN

La presente propuesta didáctica titulada "Estrategia Didáctica para la Resolución de Problemas de Equilibrio de Fuerzas Concurrentes" se fundamenta en la aplicación del Teorema de Lamy como una herramienta central para el desarrollo de competencias en la resolución de problemas relacionados con el equilibrio de fuerzas concurrentes. Esta propuesta surge a partir de la necesidad de mejorar la comprensión y el dominio de conceptos fundamentales en el campo de la estática, un área que, a menudo, representa un desafío significativo para los estudiantes.

El Teorema de Lamy, que establece una relación precisa entre las magnitudes de las fuerzas que concurren en un punto y los ángulos que forman entre sí, es una pieza clave en la enseñanza de la estática. Sin embargo, su aplicación práctica en la resolución de problemas suele ser compleja para los estudiantes, quienes enfrentan dificultades para integrar conceptos teóricos con situaciones reales.

Con el objetivo de abordar estas dificultades, la estrategia didáctica propuesta ha sido diseñada para guiar a los estudiantes a través de un proceso estructurado que combina el aprendizaje teórico con la aplicación práctica. Esta estrategia se centra en el desarrollo progresivo de habilidades analíticas, promoviendo un entendimiento profundo de los principios físicos involucrados en el equilibrio de fuerzas concurrentes.

La propuesta se articula en torno a una serie de actividades pedagógicas cuidadosamente elaboradas, que incluyen ejercicios de resolución de problemas, discusiones en grupo, y prácticas experimentales. Estas actividades están orientadas a fomentar el pensamiento crítico, la capacidad de análisis y la autonomía en el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes no solo adquirir conocimientos, sino también aplicarlos de manera efectiva en la resolución de problemas complejos.

La implementación de esta estrategia didáctica busca no solo mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura, sino también fortalecer competencias esenciales que son fundamentales en su formación como futuros profesionales en el campo de la educación. Asimismo, se espera que esta propuesta sirva como un recurso pedagógico valioso para docentes, proporcionando un enfoque metodológico innovador y efectivo en la enseñanza de la estática.

En conclusión, la propuesta didáctica "Teorema de Lamy" se presenta como una solución integral para abordar las dificultades comunes en la enseñanza y el aprendizaje del equilibrio de fuerzas concurrentes, contribuyendo al desarrollo de competencias clave y al logro de un aprendizaje significativo y duradero en los estudiantes.

ÍNDICE

1. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	1
2. OBJETIVO DE LA PROPUESTA.....	1
3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	1
4. FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	2
5. DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	2
6. DESARROLLO DE LAS CLASES.....	4
FASE DE NIVELACIÓN I.....	4
TEMA: Teorema de Pitágoras	4
TEMA: Razones Trigonométricas	7
TEMA: Ley de Senos	10
TEMA: Ley de Cosenos.....	13
TEMA: Ángulos entre paralelas y una transversal.....	16
FASE DE NIVELACIÓN II	18
TEMA: Introducción a vectores.....	18
TEMA: Fuerza Resultante vs Fuerza Equilibrante.....	20
FASE DE ABORDAJE	22
TEMA: Demostración del Teorema de Lamy.....	22
TEMA: Explicación del Teorema de Lamy a través de la aplicación del método de Pólya para la resolución de problemas.	25
TEMA: Aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.....	30
TEMA: Aplicación del Teorema de Lamy a través de la experimentación.....	35
TEMA: Aplicación del Teorema de Lamy a través del uso de las TIC.	38
TEMA: Actividad gamificada: “Desafío del Equilibrio”	48
7. REFERENCIAS	54

1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

Teorema de Lamy en Acción: Estrategia didáctica para desarrollar competencias en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

2. OBJETIVO DE LA PROPUESTA

Optimizar la enseñanza y el aprendizaje en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes mediante la aplicación del Teorema de Lamy, con el propósito de proporcionar a los estudiantes una comprensión sólida de los conceptos de estática y promover el desarrollo de habilidades fundamentales en el área.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta didáctica del "Teorema de Lamy" en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes se justifica en la importancia fundamental de la enseñanza de la mecánica clásica para la formación de futuros docentes en el área de Física. Esta disciplina establece los principios esenciales que gobiernan el comportamiento de las partículas en sistemas inerciales y no inerciales, principios que son vitales para comprender fenómenos cotidianos donde las partículas poseen velocidades muy bajas en comparación con la velocidad de la luz.

En este contexto, resulta crucial que los estudiantes comprendan e identifiquen sistemas inerciales y no inerciales mediante la observación directa de fenómenos presentes en su vida diaria. Esta comprensión debe ser trasladada a una expresión matemática y representada mediante diagramas de cuerpo libre. Dichos diagramas permiten visualizar las fuerzas, que son magnitudes vectoriales, actuando sobre un cuerpo rígido. Este enfoque es esencial para analizar cuerpos sometidos a tres fuerzas concurrentes, trasladando la situación al campo de la geometría plana y formando un triángulo de fuerzas al cual se aplica el Teorema de Lamy.

Por consiguiente, el Teorema de Lamy se presenta como una técnica innovadora que emplea la geometría para resolver problemas de equilibrio, facilitando la comprensión y solución de ejercicios gracias a su menor grado de abstracción comparado con el álgebra. Las representaciones geométricas permiten a los estudiantes superar obstáculos y dificultades que pueden conducir a errores, promoviendo un aprendizaje más efectivo y significativo.

En conclusión, esta propuesta didáctica se justifica plenamente ya que facilita el aprendizaje de los estudiantes, introduce nuevas técnicas y metodologías al campo educativo y evoluciona en consonancia con el entorno globalizante. Además, proporciona una alternativa más accesible al método tradicional algebraico para resolver problemas de cuerpos rígidos en equilibrio, contribuyendo al desarrollo integral de los futuros docentes en Física.

4. FUNDAMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La fundamentación de la propuesta didáctica del "Teorema de Lamy" se basa en teorías pedagógicas que promueven un aprendizaje activo y significativo, especialmente relevante en el contexto de la enseñanza virtual.

En primer lugar, la identificación de sistemas inerciales y no inerciales mediante la observación de vídeo y el análisis crítico de situaciones cotidianas permite a los estudiantes relacionar los conceptos teóricos con experiencias del mundo real. El aprendizaje por observación y el constructivismo, como destacan Bandura y Vygotsky, facilitan la internalización de estos conceptos en un entorno virtual, donde los vídeos, simuladores y otros recursos digitales pueden ser fácilmente integrados (Santander , 2022).

En segundo lugar, construir diagramas de cuerpo libre para conceptualizar la primera ley de Newton y resolver problemas de aplicación permite a los estudiantes visualizar y entender mejor los conceptos abstractos. La enseñanza virtual puede potenciar esta comprensión mediante el uso de herramientas digitales interactivas que permiten a los estudiantes crear y manipular diagramas de cuerpo libre en línea (OpenStax, 2021).

Finalmente, aplicar el Teorema de Lamy para resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes promueve el pensamiento crítico y el aprendizaje basado en problemas (ABP). En un entorno virtual, los estudiantes pueden colaborar en tiempo real o asincrónicamente, utilizando plataformas digitales para investigar, discutir y resolver problemas, facilitando así un aprendizaje más profundo y menos abstracto de los conceptos físicos.

En resumen, esta propuesta didáctica se fundamenta en principios pedagógicos sólidos adaptados al contexto de la enseñanza virtual, promoviendo un aprendizaje activo, significativo y contextualizado. La integración de recursos digitales y herramientas interactivas en la enseñanza del Teorema de Lamy facilita la comprensión y aplicación práctica de los conceptos de equilibrio y fuerzas concurrentes, preparando eficazmente a los estudiantes para su futura labor docente en Física.

5. DISEÑO DE LA PROPUESTA

La propuesta de investigación emplea entre una de las metodologías, la metodología del Flipped Classroom, que consiste en presentar los contenidos teóricos en línea antes de las sesiones en vivo, permitiendo que el tiempo en clase virtual se dedique a actividades prácticas y de reflexión. La integración de metodologías activas, gamificación y herramientas digitales enriquece el proceso de aprendizaje. (UNIR, 2023).

Las sesiones se estructuran según el esquema del pensamiento crítico, abarcando las fases de anticipación, construcción del conocimiento y consolidación. El “Pensamiento crítico” implica el uso de la lógica, el razonamiento y la creatividad desarrollando en los estudiantes la capacidad de analizar y evaluar la información existente respecto a un tema determinado, pensar críticamente ayuda a resolver problemas complejos de muchas maneras debido que a través del pensamiento se produce el conocimiento (Mimenza, 2017).

Las metodologías de aprendizaje aplicadas en la presente propuesta son muy variadas, siendo pensadas y utilizadas con la finalidad de facilitar y efectivizar el proceso de inter aprendizaje, entre las metodologías utilizadas mencionamos las siguientes: Aprendizajes Basados en Proyecto (ABP), Aprendizaje Colaborativo, Aprendizaje Cooperativo, Aprendizaje por Descubrimiento, Aprendizaje Contextualizado, Aprendizaje Reflexivo, Aprendizaje Basado en el Juego, Aprendizaje Basado en la Indagación, Aprendizaje Basado en la Experiencia y el Cono del Aprendizaje de Edgar Dale y el método de resolución de problemas de Polya. (UNIR, 2024).

La efectividad de esta propuesta depende, en gran medida, de la capacidad del docente para manejar tanto los contenidos disciplinarios como las herramientas pedagógicas en entornos virtuales. Es esencial que las sesiones sean dinámicas, motivadoras e innovadoras, minimizando las dificultades técnicas y pedagógicas.

El objetivo principal de esta propuesta es desarrollar en los estudiantes la capacidad de aplicar el Teorema de Lamy para resolver problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes. Esto implica una comprensión profunda de los principios de la estática, así como una mejora significativa en las habilidades de análisis y resolución de problemas físicos.

Para ello, se planifican 15 sesiones virtuales de 45 minutos cada una, diseñadas para fomentar un aprendizaje significativo y autónomo, mientras se promueve la interacción y la colaboración entre los estudiantes.

Las clases elaboradas corresponden a los siguientes temas:

Capítulo I: Fases de Nivelación

Fase de Nivelación I

- Teorema de Pitágoras.
- Razones trigonométricas.
- Ley de senos.
- Ley de cosenos.
- Ángulos entre paralelas y una transversal

Fase de Nivelación II

- Introducción a Vectores.
- Fuerza Resultante vs Fuerza Equilibrante.

Capítulo II: Fase de Abordaje

- Demostración del Teorema de Lamy.
- Explicación del Teorema de Lamy a través de la aplicación del método de Pólya para la resolución de problemas.
- Aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.
- Aplicación del Teorema de Lamy a través de la experimentación.
- Aplicación del Teorema de Lamy a través del uso de las TIC.
- Actividad gamificada: Desafío del equilibrio.

6. DESARROLLO DE LAS CLASES

FASE DE NIVELACIÓN I
TEMA: Teorema de Pitágoras CLASE N°. 1 TIEMPO: 45 min METODOLOGÍA: Flipped classroom

Video enviado al grupo de WhatsApp para ser observado en casa con la finalidad de despertar el interés por la temática a trabajar.

Título del vídeo: Cómo el estudio de los triángulos cambió las matemáticas (desde antes de Pitágoras).

Descripción: Muestra como estas figuras mágicas son la base de la arquitectura, la ingeniería civil, la física cuántica y la astronomía. Señala que el mundo está hecho de formas geométricas, las cuales podemos triangularizar para resolver problemas muy complejos. Ya que si entendemos las propiedades de los triángulos pequeños podemos asumir que cualquier triángulo de otro tamaño, pero con las mismas proporciones se comporta de la misma manera siguiendo las mismas reglas del estudio.

Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=EcfHdS9Dw8k>

PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar la clasificación de los triángulos mediante la técnica “Tiro al blanco”. - Para despertar el interés y motivación los estudiantes que respondan correctamente ganan puntos.

¿Cómo se llama el triángulo que tiene sus 3 lados de igual medida?

¿Cómo se llama el triángulo que tiene sus 2 lados de igual medida?

¿Cómo se llama el triángulo que tiene sus 3 lados de diferentes medidas?

- ¿Cómo se llama el triángulo que tiene 1 ángulo agudo?
- ¿Cómo se llama el triángulo que tiene 1 ángulo obtuso?
- ¿Cómo se llama el triángulo que tiene 3 ángulos agudos?
- ¿Cuánto es la suma de los ángulos internos de un cualquier Triángulo?
- ¿Cuál es uno de los ejemplos más asombrosos del poder de los cálculos usando triángulos?

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Observar el vídeo titulado “El asombroso Teorema de Pitágoras”. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=EtpBriFADEs>

Debatir en clases utilizando las siguientes preguntas orientativas.

- ✚ ¿De dónde proviene y que significa las palabras: hipotenusa y catetos?
- ✚ ¿Qué es un Teorema?
- ✚ ¿A qué tipo de triángulos se aplica el Teorema de Pitágoras?
- ✚ ¿Qué indica el Teorema de Pitágoras?
- ✚ ¿Qué es una terna Pitagórica?
- ✚ ¿Para qué sirve saber el Teorema de Pitágoras?

Plantear dos problemas reales donde necesitamos aplicar el Teorema de Pitágoras para conocer el valor del lado desconocido mediante el reloj de arena virtual cronometrado en 3 minutos por ejercicio, ganan puntos quien lo hace antes de que la arena pase completamente al otro extremo.

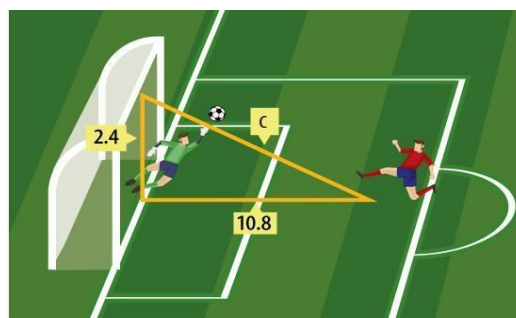
Enlace del reloj de arena virtual:

<https://www.online-stopwatch.com/spanish/full-screen-egg-timer.php>



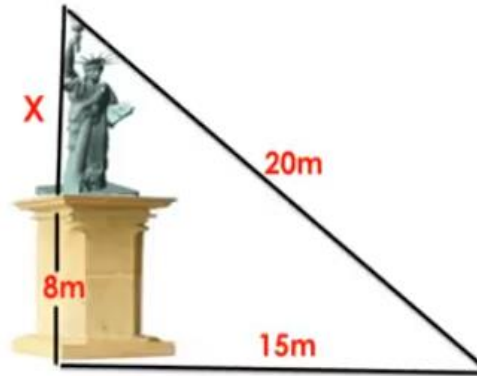
Problema 1:

La altura de una portería de fútbol reglamentaria es de 2,4 metros y la distancias desde el punto de penalti hasta la raya de gol que es de 10,8 metros. ¿Qué distancia recorre un balón que se lanza desde el punto de penalti y se estrella en el punto central del travesaño de arco?



Problema 2:

Una estatua se encuentra colocada sobre una columna de 8 metros de altura. Desde la parte superior de la estatua se extiende un cable de 20 metros de longitud, hasta un punto en el suelo situado a 15 metros de la base de la columna. Calcular la longitud de la estatua.



CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Desarrollar la actividad en quizizz en el siguiente enlace:

<https://quizizz.com/admin/quiz/5d6a8eee19404b001ad0eeb5>

FASE DE NIVELACIÓN I

TEMA: Razones Trigonómicas

CLASE N°. 2

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Flipped classroom

Video enviado al grupo de WhatsApp para ser observado en casa.

Título del vídeo: Entendiendo realmente que son (seno, coseno y tangente). ¿De dónde provienen las razones trigonométricas?

Descripción: muestra que, en los triángulos rectángulos, la razón entre la medida de dos lados siempre es constante mientras el ángulo agudo sea constante y es así como en base a este principio se desarrollan las 6 razones trigonométricas (3 principales y 3 recíprocas) y su aplicación para resolver problemas de medidas de ángulos y longitudes de lados. Ya que los estudiantes deben comprender tanto la teoría como la aplicación práctica de las razones trigonométricas, ayudándolos a desarrollar habilidades para resolver problemas reales y fortalecer su comprensión.

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=IGFmBRSt9WQ>

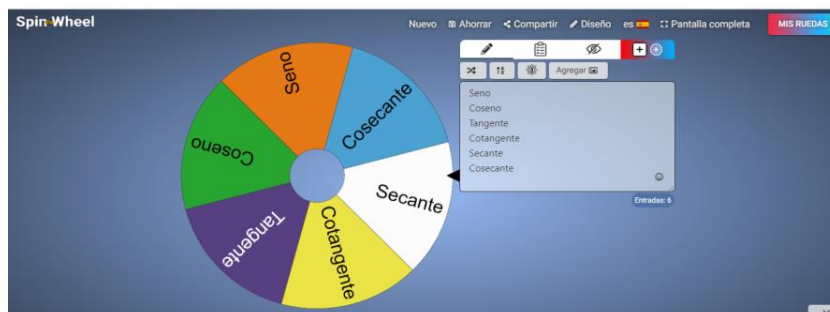
PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar las fórmulas de las razones trigonométricas mediante la técnica “Ruleta virtual”. - Para despertar el interés y motivación los estudiantes que respondan correctamente ganan puntos.

Enlace de la ruleta virtual:

<https://spinhewheel.io/es>



¿A qué es igual el seno?

¿A qué es igual el coseno?

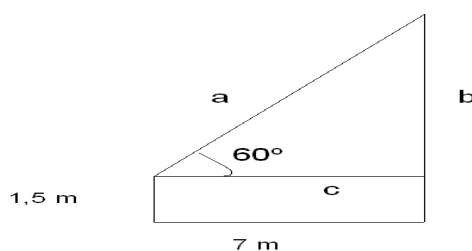
- ¿A qué es igual la tangente?
- ¿A qué es igual la cotangente?
- ¿A qué es igual la secante?
- ¿A qué es igual la cosecante?
- ¿Cuáles son las razones trigonométricas principales y cuáles son las recíprocas?

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Presentar de un Problema: Calcula la altura de la torre si nuestro personaje está a 7 m de la base de la torre, el ángulo con el que está observando la cúspide es de 60° y sostiene el artilugio a una altura de 1,5 m.



Realizar un esquema del problema.



Analizar con cual razón trigonométrica puedo encontrar el valor de la medida desconocida



SENO
 $\text{sen } \alpha = \frac{\text{CAT. OP}}{\text{HIPOT.}}$

COSECANTE
 $\text{csc } \alpha = \frac{\text{HIPOT.}}{\text{CAT. OP}}$

COSENO
 $\text{cos } \alpha = \frac{\text{CAT. ADY}}{\text{HIPOT.}}$

SECANTE
 $\text{sec } \alpha = \frac{\text{HIPOT.}}{\text{CAT. ADY}}$

TANGENTE
 $\text{tan } \alpha = \frac{\text{CAT. OP}}{\text{CAT. ADY}}$

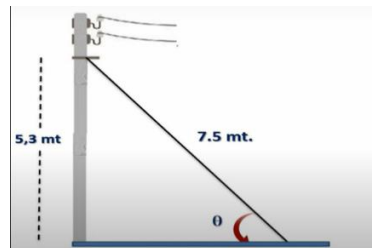
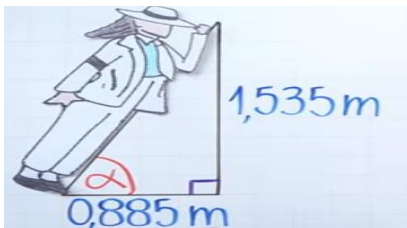
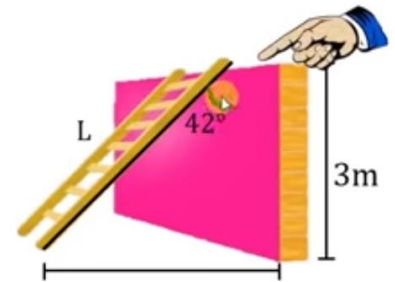
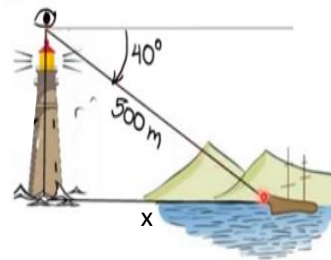
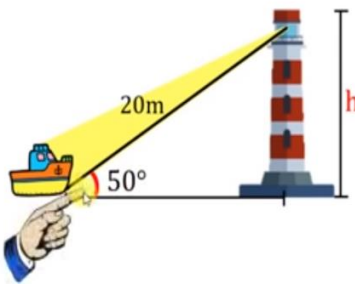
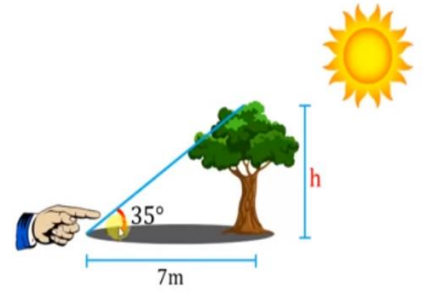
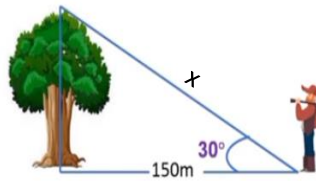
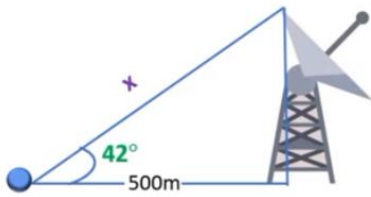
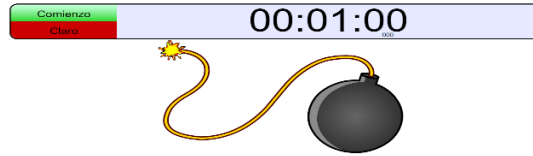
COTANGENTE
 $\text{cot } \alpha = \frac{\text{CAT. ADY}}{\text{CAT. OP}}$

Aplicar la razón trigonométrica, reemplazar los datos, realizar los despejes y operaciones correspondientes.

Plantear problemas de diferentes situaciones reales donde necesitamos aplicar las Razones Trigonométricas para encontrar las medidas de algunos lados o ángulos solicitados, utilizamos la estrategia de la bomba virtual cronometrado en 2 minuto por ejercicio, ganan puntos quien lo hace antes de que la bomba explote.

Enlace de la bomba virtual:

<https://www.online-stopwatch.com/spanish/full-screen-bomb.php>



CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Desarrollar la actividad en quizizz en el siguiente enlace:

<https://quizizz.com/admin/quiz/5d41c769ec154b001a0f7128/razones-trigonometricas>

FASE DE NIVELACIÓN I

TEMA: Ley de Senos

CLASE N°. 3

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Flipped classroom

Video enviado al grupo de WhatsApp para ser observado en casa con la finalidad de conocer detalles de la Ley de Seno.

Título del vídeo: Ley del Seno o Teorema del Seno

Descripción: Muestra cómo usar la Ley del Seno o Teorema del Seno en la solución de triángulos oblicuángulos y su demostración.

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=hkTjVf9u0bA>

PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar la fórmula de la ley del Seno mediante la técnica “La ruleta virtual”. - Para seleccionar al azar el estudiante a participar, el que responda correctamente gana 1 punto y de esta manera despertar el interés por la clase.

Enlace de la ruleta virtual:

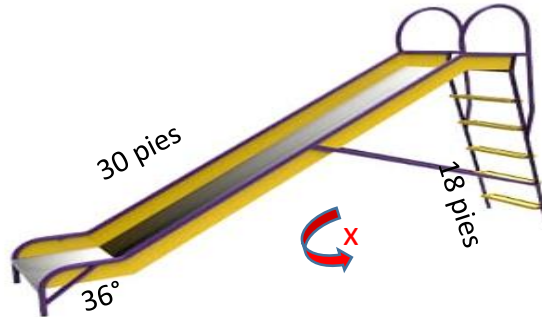
<https://spinhewheel.io/es>



CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

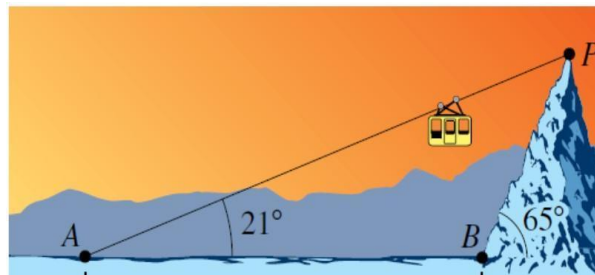
Presentar 2 Problemas:

Problema 1: Una resbaladera tiene 30 pies de longitud y 36° de inclinación con respecto al suelo. Si la escalera mide 18 pies de largo, ¿cuál es la inclinación de la escalera?



Problema 2: Un funicular lleva pasajeros de un punto A, que está a 1.2 millas de un punto B en la base de una montaña, a un punto P en la cima de la montaña. los ángulos de elevación de P desde A y B son respectivamente 21° y 61° . **Calcular:**

- La distancia entre A y P
- La altura de la montaña



Realizar un esquema de cada problema de manera independiente.

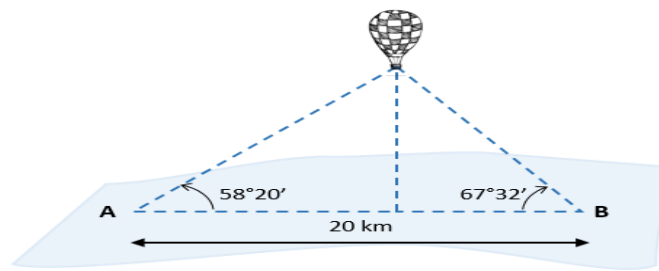
Analizar cada situación e identificar los datos o valores que están solicitando.

Aplicar la Ley de Seno, reemplazar los datos, realizar los despejes y operaciones correspondientes.

Establecer conclusiones del tema.

CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Desarrollar la actividad del siguiente ejercicio:



- La distancia entre 2 puntos A y B es de 20 km. Los ángulos de elevación de un globo con respecto a dichos puntos son de $58^{\circ}20'$ y $67^{\circ}32'$. ¿A qué altura del suelo se encuentran?

FASE DE NIVELACIÓN I

TEMA: Ley de Cosenos

CLASE N°. 4

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Flipped classroom

Video enviado al grupo de WhatsApp para ser observado en casa con la finalidad de conocer detalles de la Ley de Coseno.

Título del vídeo: Deducción del Teorema del Coseno

Descripción: Explorar y demostrar el famoso Teorema del Coseno, vía el teorema de Pitágoras.

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=HeO0NtP25yw>

PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar la fórmula de la ley del Coseno mediante la técnica “La ruleta virtual”. - Para seleccionar al azar el estudiante o los estudiantes a participar, el que responda correctamente gana 1 punto y de esta manera despertar el interés por la clase.

Enlace de la ruleta virtual:

<https://spintthewheel.io/es>

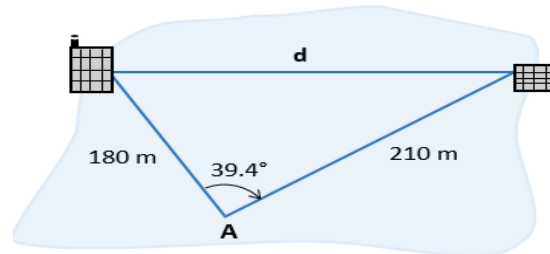


CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

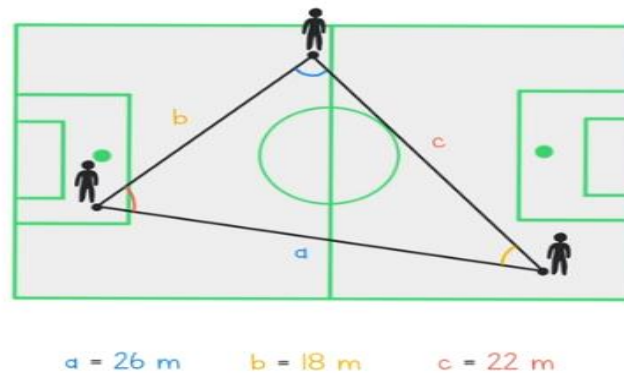
Presentar 2 Problemas:

Problema 1: Un ingeniero topógrafo que se le olvidó llevar su equipo de medición, desea calcular la distancia entre dos edificios. El ingeniero se encuentra en el punto A, y con los únicos datos que tiene hasta ahora son las distancias de él respecto a los otros edificios, 180

m y 210 m, respectivamente, también sabe que el ángulo formado por los dos edificios y su posición actual "A" es de 39.4° ¿Qué distancia hay entre los dos edificios?



Problema 2: Como parte de un entrenamiento de un equipo de futbol un entrenador de un equipo de futbol ubica a 3 jugadores en el campo separados por las distancias $a= 26\text{m}$, $b= 18\text{m}$ y $c= 22\text{m}$. ¿Cuál es el valor del ángulo que forma cada jugador con respecto a sus otros 2 compañeros?



Realizar un esquema de cada problema de manera independiente.

Analizar cada situación e identificar los datos o valores que están solicitando.

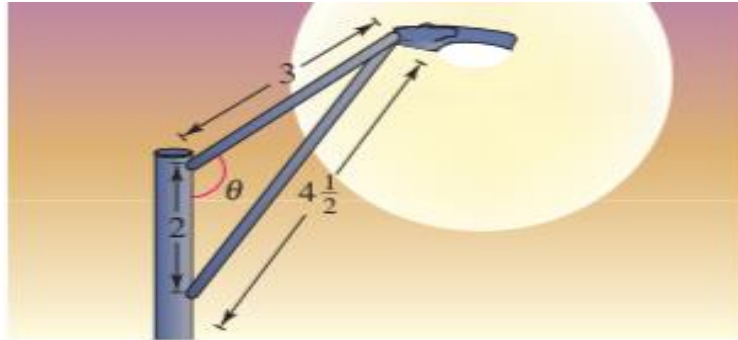
Aplicar la Ley de Coseno, reemplazar los datos, realizar los despejes y operaciones correspondientes.

Establecer conclusiones del tema.

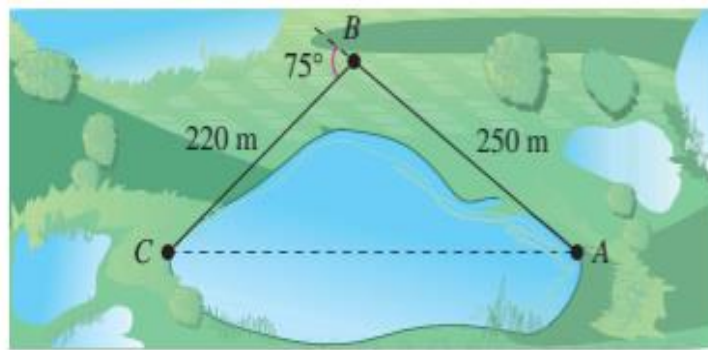
CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Desarrollar la actividad de los siguientes ejercicios:

- Determine el ángulo en el diseño del farol de alumbrado que se ve en la figura.



- Para aproximar la longitud de un pantano, un topógrafo camina 250 metros del punto A al punto B, luego gira 75° y camina 220 metros al punto C (vea figura). Aproxime la longitud AC del pantano.



FASE DE NIVELACIÓN I

TEMA: Ángulos entre paralelas y una transversal

CLASE N°. 5

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Flipped classroom

Video enviado al grupo de WhatsApp para ser observado en casa con la finalidad de conocer los ángulos formados por dos rectas paralelas cortadas por una secante.

Título del vídeo: Ángulos formados por dos rectas paralelas y una secante

Descripción: Explorar y reconocer las diferentes situaciones y particularidades que se forman cuando dos rectas paralelas son cortadas por una recta secante. (Ángulos especiales.)

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=YmeL3BCdFdM&t=532s>

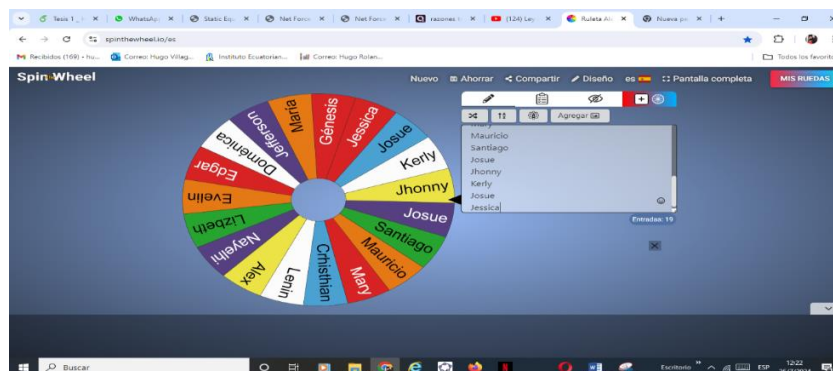
PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar la definición de rectas paralelas y de rectas secantes mediante la técnica de “La ruleta virtual”. - Para seleccionar al azar el estudiante o los estudiantes a participar, el que responda correctamente gana 1 punto y de esta manera despertar el interés por la clase.

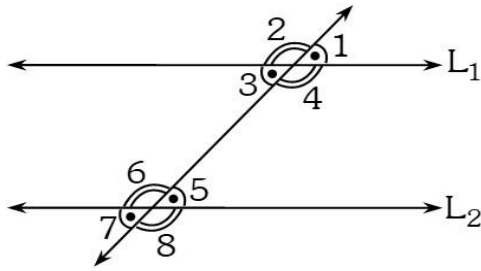
Enlace de la ruleta virtual:

<https://spinthewheel.io/es>



CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Proyectar una imagen de dos rectas paralelas cortadas por una recta secante.



Analizar las particularidades que se generan respecto a los ángulos:

LISTADOS DE ANGULOS ESPECIALES QUE SE FORMAN

- Los ángulos opuestos por el vértice son congruentes.
- Los ángulos alternos externos son congruentes.
- Los ángulos alternos internos son congruentes.
- Los ángulos correspondientes son congruentes.
- Los ángulos conjugados externos son suplementarios.
- Los ángulos conjugados internos son suplementarios.

Establecer conclusiones del tema.

CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Desarrollar la actividad en quizizz en el siguiente enlace:

<https://quizizz.com/admin/quiz/5fb5359aa6fef5001b2fbdfe/angulos-formados-por-dos-rectas-paralelas-y-una-secante>

FASE DE NIVELACIÓN II

TEMA: Introducción a vectores

CLASE N°. 6

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Flipped classroom

Video enviado al grupo de WhatsApp para ser observado en casa con la finalidad de conocer las características de los vectores.

Título del vídeo: Vectores - Ejercicios Resueltos - Introducción

Descripción: Explorar una introducción al tema de vectores, trabajando con el módulo, la dirección y el sentido.

Disponible en:

https://www.youtube.com/watch?v=no8c1_MYaLA

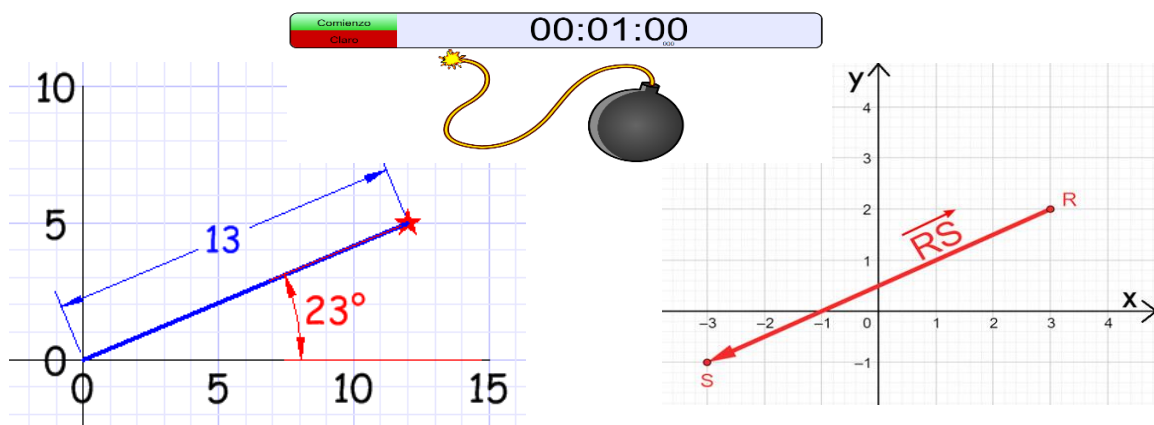
PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Plantear problemas donde necesitamos transformar vectores de una coordenada a otra (rectangulares, polares o geográficas), utilizamos la estrategia de la bomba virtual cronometrado en 2 minuto por ejercicio, ganan puntos quien lo hace antes de que la bomba explote.

Enlace de la bomba virtual:

<https://www.online-stopwatch.com/spanish/full-screen-bomb.php>



CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Las magnitudes físicas que requieren tanto una magnitud como una dirección para su descripción son magnitudes vectoriales. Un buen ejemplo de una magnitud vectorial es la velocidad del viento. Como el viento puede soplar en una dirección y con una velocidad

determinada, necesitaremos utilizar tanto una magnitud como una dirección para describir esta magnitud física.

Tarea interactiva

En el mapa de Nueva York a continuación, manipule el vector del viento (arrastrando la punta de la flecha) hasta obtener una velocidad del viento de 10 mph apuntando exactamente en la dirección noreste.

Para ingresar al simulador dar clic en el siguiente enlace:

<https://physicslabs.ccny.cuny.edu/labs/207/207-force-tables/forcetables.php>

Posteriormente calcule las componentes rectangulares de dicho vector.



CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Accede al siguiente enlace: <https://thephysicsaviary.com/Physics/APPrograms/NetForceHard/> y calcula la fuerza neta utilizando los vectores que se muestran en la imagen.

Encuentra la fuerza neta considerando las tres fuerzas que se indican a continuación. Utilice la rosa de los vientos que aparece a continuación como guía para saber cómo ver los ángulos.

Forces

Force 1: 87 N @ 60°

Force 2: 84 N @ 113°

Force 3: 51 N @ 310°

Introducir respuestas

No incluya unidades

Magnitud de la fuerza (N):

Ángulo (°):

Controlar

FASE DE NIVELACIÓN II

TEMA: Fuerza Resultante vs Fuerza Equilibrante

CLASE N°. 7

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Flipped classroom

Video enviado al grupo de WhatsApp para ser observado en casa con la finalidad de conocer la Fuerza Resultante de diferentes sistemas.

Título del vídeo: Fuerza Resultante

Descripción: Aprender a calcular la Fuerza Resultante de un sistema de fuerzas con fuerzas con misma dirección y sentido, con sentidos opuestos o con direcciones perpendiculares.

Disponible en:

https://www.youtube.com/watch?v=m0_gQ9RBUZc

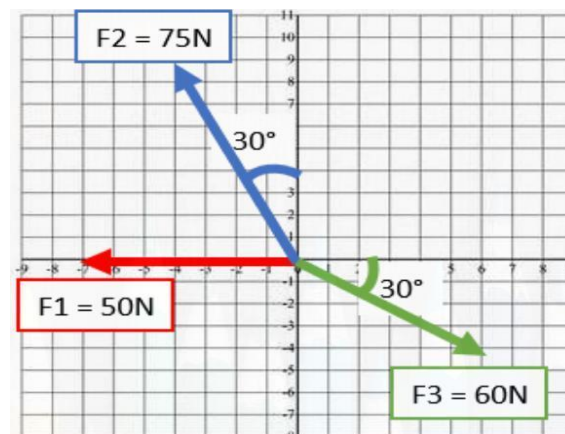
PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Plantear un problema donde necesitamos encontrar la Fuerza Resultante, utilizamos el reloj de arena virtual cronometrado en 3 minutos, ganan puntos quien lo hace antes de que la arena pase completamente al otro extremo.

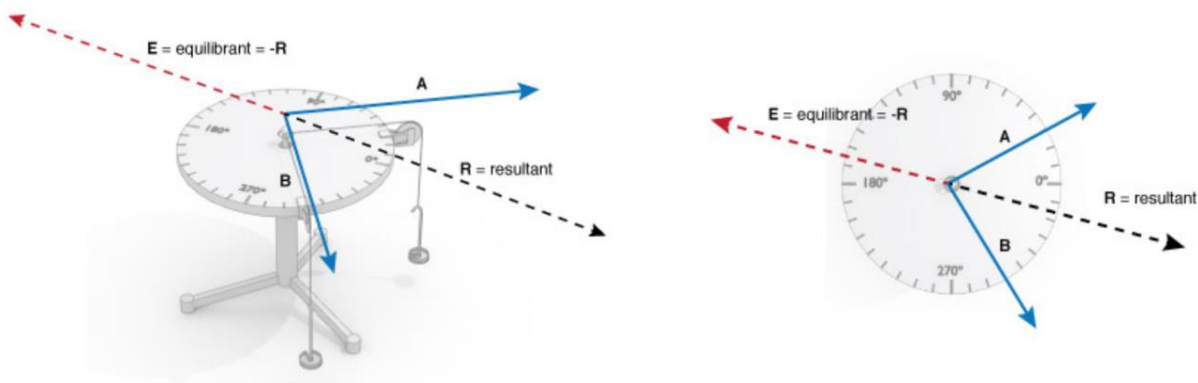
Enlace del reloj de arena virtual:

<https://www.online-stopwatch.com/spanish/full-screen-egg-timer.php>



CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Utilizando la tabla de fuerzas demuestra la diferencia entre la fuerza resultante y la fuerza equilibrante.



CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Accede al Juego de fuerza neta no lineal mediante el siguiente enlace:

<https://thephysicsaviary.com/Physics/Curriculum/singlepage.php?ID=211>.

Este juego tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a dominar la idea de fuerza neta para fuerzas no paralelas. Los estudiantes tendrán tres minutos para calcular tantas fuerzas netas como sea posible.

Juego Net Force de nivel medio

The screenshot shows a central ring with four force vectors: a red arrow pointing right (0°), a blue arrow pointing down (270°), a grey arrow pointing left (180°), and a grey arrow pointing up (90°). The red arrow is labeled '41 N' and the blue arrow is labeled '30 N'. To the right of the ring, the text 'Score: 0' is displayed. Below the ring are four boxes, each containing a calculated net force and its direction:

Fuerza neta 26,7 N 319°	Fuerza neta 26,7 N 311°	Fuerza neta 54,6 N 311°	Fuerza neta 54,6 N 319°
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

FASE DE ABORDAJE

TEMA: Demostración del Teorema de Lamy

CLASE N°. 8

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Pensamiento crítico

PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar la Ley del Seno mediante la técnica del “La caja de Pandora” que consiste en una caja cerrada, dentro de la misma hay diferentes tarjetas cada una con una fórmula, las cuales los estudiantes van sacando una a una y tienen que reconocer cuál de esas tarjetas contiene la fórmula de la Ley del Seno. - El estudiante que responda correctamente gana 1 punto y de esta manera despertar el interés por la clase.

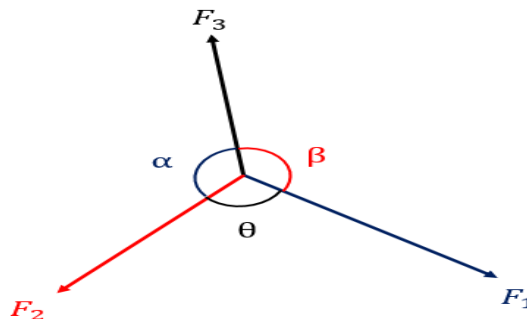
CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Proyectar la definición y el diagrama del Teorema de Lamy.

Teorema de Lamy

Francés Bernard Lamy 1640 – 1717

"Si tres fuerzas coplanares están equilibradas, entonces la magnitud de cada una es directamente proporcional al seno de su ángulo opuesto"



Indicar que para que estese en equilibrio la sumatoria de las 3 fuerzas debe ser igual a cero, son fuerzas que se anulan entre sí si las sumamos produciendo una condición de equilibrio.

$$\vec{\Sigma F} = 0$$

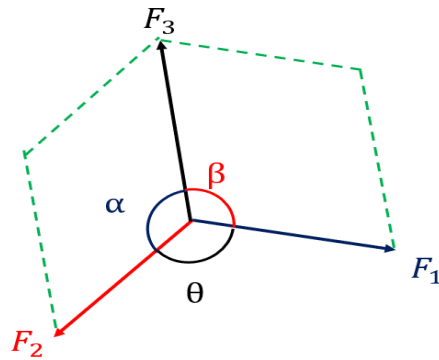
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$$

Escribir la fórmula del teorema de Lamy y explicar en qué consiste.

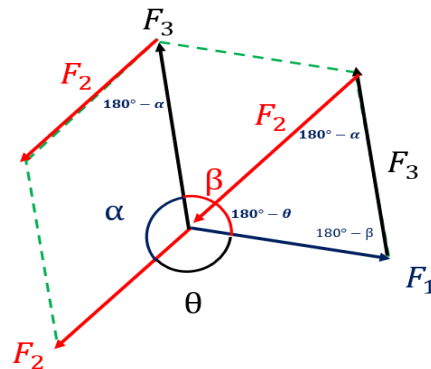
$$\frac{F_1}{\text{Sen}\alpha} = \frac{F_2}{\text{Sen}\beta} = \frac{F_3}{\text{Sen}\theta}$$

Realizar la demostración del enunciado del Teorema de Lamy

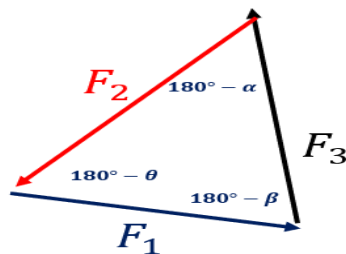
Por el extremo de F_1 y F_2 trazar líneas rectas paralelas a la F_3 y por el extremo de F_3 una línea recta paralela a F_1 y una línea recta paralela a F_2 dando origen a la construcción de 2 paralelogramos.



Señalar que en los cuadriláteros se cumple en ángulos consecutivos son suplementarios y que los lados opuestos son congruentes.



Apartar y dibujar solo el triángulo formado con sus datos.



Aplicar el concepto de trigonometría de la Ley de Seno.

$$\frac{F_1}{\text{Sen}(180^\circ - \alpha)} = \frac{F_2}{\text{Sen}(180^\circ - \beta)} = \frac{F_3}{\text{Sen}(180^\circ - \theta)}$$

Utilizar la identidad para el Seno de la resta de 2 ángulos.

$$\text{Sen}(180^\circ - \beta) = \overset{0}{\text{Sen}180^\circ} \overset{-1}{\text{Cos} \beta} - \text{Sen} \beta \overset{-1}{\text{Cos}180^\circ}$$

$$\text{Sen}(x - y) = \text{Sen}x \text{Cos}y - \text{Sen}y \text{Cos}x$$

$$\text{Sen}(180^\circ - \beta) = \text{Sen} \beta$$

Establecer conclusiones de la demostración del Teorema de Lamy.

$$\frac{F_1}{\text{Sen} \alpha} = \frac{F_2}{\text{Sen} \beta} = \frac{F_3}{\text{Sen} \theta}$$

COSOLIDACIÓN: 13minutos

Realizar una tarjeta tamaño pequeño, de bolsillo, con el título, definición, diagrama y fórmula del Teorema de Lamy.

FASE DE ABORDAJE

TEMA: Explicación del Teorema de Lamy a través de la aplicación del método de Pólya para la resolución de problemas.

CLASE N.º. 9

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Método de Pólya

PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar la definición, diagrama y ecuación del Teorema de Lamy mediante la técnica de “La telaraña”, consiste en un rollo de lana que el docente mantiene sujeto en la parte inicial y pasa el rollo a varios estudiantes de manera aleatoria, quienes participarán en la anticipación, con esta actividad se pretende recordar el tema anterior y despertar el interés de los estudiantes por la clase.

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Indicar cuales son las etapas del método de Polya para la resolución de problemas y en que consiste cada una.

➤ **Comprender el problema.**

- ¿Entiendes todo lo que se dice?
- ¿Cuáles son los datos?
- ¿Qué nos preguntan?
- ¿Hay suficiente información?
- ¿Hay información extraña o Innecesaria?



➤ **Trazar un plan.**

- ¿Qué relación tienen los datos entre sí?
- ¿Qué puedes deducir a partir de los datos?
- ¿Puedes dividir el problema en partes?
- ¿Puedes enunciar el problema de otra forma?
- ¿Has resuelto antes un problema similar?
- ¿Puedes imaginarte un problema similar?
- ¿Has empleado todos los datos?



➤ **Ejecutar el plan.**

- Sigue los pasos trazados y comprueba cada uno de ellos.
- ¿Puedes ver claramente que cada paso es correcto?
- Si le surge alguna dificultad, reordena tus ideas y ejecuta el plan nuevamente



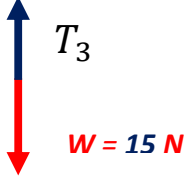
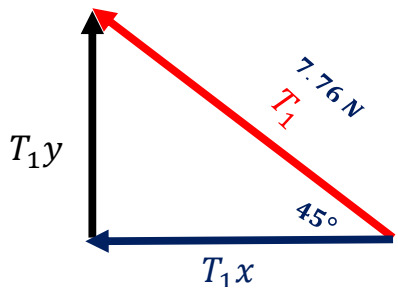
➤ **Examinar la solución.**

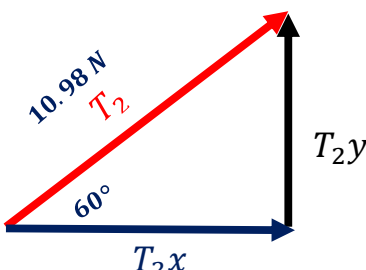
- ¿Es tu solución correcta?
- ¿Tu respuesta cumple lo pedido en el problema?
- ¿Tu solución tiene sentido?
- ¿Ves otra solución más sencilla?



Realizar la explicación del Teorema de Lamy a través de la aplicación del método de Pólya para la resolución de problemas.

PROBLEMA	
<p>Una lámpara eléctrica de 15 N cuelga de un punto C, mediante dos cuerdas AC y BC. La cuerda AC está inclinada a 60° con respecto a la horizontal y la BC a 45° con respecto a la horizontal, como se muestra en la Fig. Utilizando el teorema de Lamy, o de otro modo, determine la fuerza en las cuerdas AC.</p>	
<p>- IDENTIFICAR los conceptos pertinentes</p>	
<p>Realizar un diagrama del problema y aplicar la relación de ángulos alternos internos.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Identificar las medidas de los ángulos opuestos a las 3 tensiones.</p> <div style="text-align: center;"> </div>	

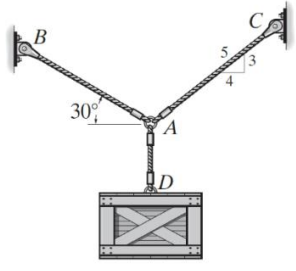
<p>Analizar que la tensión 3 (T_3) es igual al peso (W)</p> $\vec{\Sigma F}_y = 0$ $T_3 - W = 0$ $T_3 = W$ $T_1 = ? \text{ y la } T_2 = ?$ 	
<p>- PLANTEAR el problema</p>	
<p>Plantear la fórmula para encontrar la T_1 y la T_2.</p> $\frac{T_1}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$ $\frac{T_2}{\text{Sen } \beta} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$ $\frac{T_1}{\text{Sen } 150^\circ} = \frac{15 \text{ N}}{\text{Sen } 75^\circ}$ $\frac{T_2}{\text{Sen } 135^\circ} = \frac{15 \text{ N}}{\text{Sen } 75^\circ}$	
<p>EJECUTAR la solución:</p> $T_1 = \frac{15 \text{ N} \times \text{Sen } 150^\circ}{\text{Sen } 75^\circ}$ $T_2 = \frac{15 \text{ N} \times \text{Sen } 135^\circ}{\text{Sen } 75^\circ}$ $T_1 = 7.76 \text{ N}$ $T_2 = 10.98 \text{ N}$	
<p>EVALUAR la respuesta</p>	
<p>Para comprobar que el sistema está en equilibrio se deberían sumar las tres fuerzas concurrentes.</p>  $\text{Cos } 45^\circ = \frac{T_{1x}}{7.76 \text{ N}}$ $\text{Sen } 45^\circ = \frac{T_{1y}}{7.76 \text{ N}}$ $T_{1x} = 7.76 \text{ N} \times \text{Cos } 45^\circ$ $T_{1y} = 7.76 \text{ N} \times \text{Sen } 45^\circ$	

$T_{1x} = -5.49$	$T_{1y} = 5.49$
	
$\cos 60^\circ = \frac{T_{2x}}{99.83 \text{ N}}$	$\sin 60^\circ = \frac{T_{2y}}{99.83 \text{ N}}$
$T_{2x} = 10.98 \text{ N} \times \cos 60^\circ$	$T_{2y} = 10.98 \text{ N} \times \sin 60^\circ$
$T_{2x} = 5.49$	$T_{2y} = 9.51$
$T_{3x} = 0$	$T_{3y} = -15$
$\sum T_x = T_{1x} + T_{2x} + T_{3x}$	$\sum T_y = T_{1y} + T_{2y} + T_{3y}$
$\sum T_x = -5.49 + 5.49 + 0$	$\sum T_y = 5.49 + 9.51 - 15$
$\sum T_x = 0$	$\sum T_y = 0$

Establecer conclusiones de la explicación del Teorema de Lamy a través de la aplicación del método de Pólya para la resolución de problemas.

COSOLIDACIÓN: 13 minutos

Resolver el siguiente problema de equilibrio aplicando el método de Pólya y realizar la rutina de pensamiento.

<p>La caja tiene un peso de 550 lb. Determine la fuerza en cada cable de soporte.</p>	
---	--

Antes pensaba...	Ahora pienso
	

FASE DE ABORDAJE

TEMA: Aplicación del Teorema de Lamy en la resolución de problemas de equilibrio de fuerzas concurrentes.

CLASE N°. 10

TIEMPO: 45 min

METODOLOGÍA: Niveles del Cono de la Experiencia de Edgar Dale.

• Lectura (Textos y Diagramas)

- **Actividad:** Introduce a los estudiantes al Teorema de Lamy mediante la lectura de un texto que explique los conceptos básicos del equilibrio de fuerzas concurrentes. El material incluye diagramas ilustrativos que muestran cómo las fuerzas actúan en un punto común, lo que facilita la comprensión visual del concepto.
- **Ejemplo:** Un diagrama muestra tres fuerzas concurrentes en un punto, y el texto explica cómo aplicar el Teorema de Lamy para encontrar la magnitud y dirección de una de las fuerzas cuando las otras dos son conocidas.

Ingresa al siguiente enlace y analiza la aplicación del Teorema de Lamy a problemas relacionados con el contexto

<https://www.fisimat.com.mx/teorema-de-lamy-ejercicios-resueltos/>

• Audios / Visualización de Videos

- **Actividad:** Los estudiantes ven un video educativo que demuestra cómo aplicar el Teorema de Lamy en diferentes situaciones. El video incluye ejemplos prácticos y muestra cómo resolver paso a paso un problema típico de equilibrio de fuerzas concurrentes.
- **Ejemplo:** El video muestra una animación de un sistema donde tres cables sostienen una lámpara. Los estudiantes observan cómo se descompone cada fuerza y cómo se aplican las relaciones trigonométricas del Teorema de Lamy para mantener el sistema en equilibrio.

Para aprender sobre la aplicación del teorema de Lamy, primero revisa el video y pon mucha atención a su explicación. Para ingresar al video debes ingresar con este enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=ILpMOJPs-1Y>

Ejercicio

Un operario de la energía, cuya masa es de 60 Kg, está sostenido, en equilibrio, por una cuerda a la viga de un puente. Los ángulos que forma la cuerda con la viga son de 25° y 35°. Calcular las tensiones en el cable generadas por el peso del operario.

$T_1 = 556.17\text{N}$ $T_2 = 615.35\text{N}$ $P = 588\text{N}$

$m = 60\text{Kg}$
 $W_o P = 588\text{N}$

$\frac{T_1}{\sin \lambda} = \frac{P}{\sin \theta}$ $T_1 = \frac{P \times \sin \lambda}{\sin \theta}$ $T_1 = \frac{588\text{N} \times \sin 125^\circ}{\sin 120^\circ} = 556.17\text{N}$

$\frac{T_2}{\sin \delta} = \frac{P}{\sin \theta}$ $T_2 = \frac{P \times \sin \delta}{\sin \theta}$ $T_2 = \frac{588\text{N} \times \sin 115^\circ}{\sin 120^\circ} = 615.35\text{N}$

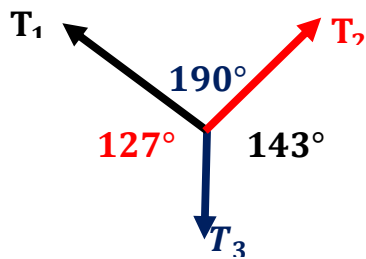
Luis Enrique Valencia García

• **Demostración**

- **Actividad:** El profesor realiza una demostración en clase utilizando un modelo físico, como un conjunto de poleas y pesos, para mostrar cómo las fuerzas concurrentes se equilibran en un sistema utilizando el Teorema de Lamy.
- **Ejemplo:** El profesor ajusta los pesos en cada cuerda hasta que el sistema esté en equilibrio y luego explica cómo aplicar el Teorema de Lamy para calcular las fuerzas en cada cuerda. Los estudiantes observan y toman notas sobre el procedimiento.

PROBLEMA	
<p>En la figura se muestra un semáforo que pesa 125 N y que está suspendido de un cable, unido a otros dos cables fijos a un soporte. Los cables superiores forman ángulos de 37,0° y 53,0° con la horizontal. Determina la tensión de los tres cables.</p>	
<p>- IDENTIFICAR los conceptos pertinentes</p>	
<p>Realizar un diagrama del problema y aplicar la relación de ángulos alternos internos.</p>	

Identificar las medidas de los ángulos opuestos a las 3 tensiones.



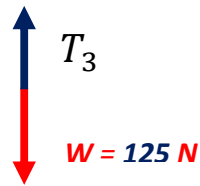
Analizar que la tensión 3 (T_3) es igual al peso (W)

$$\vec{\Sigma F}_y = 0$$

$$T_3 - W = 0$$

$$T_3 = W$$

$$T_1 = ? \text{ y la } T_2 = ?$$



- **PLANTEAR** el problema

Plantear la fórmula para encontrar la T_1 y la T_2 .

$$\frac{T_1}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$$

$$\frac{T_2}{\text{Sen } \beta} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$$

$$\frac{T_1}{\text{Sen } 143^\circ} = \frac{125 \text{ N}}{\text{Sen } 90^\circ}$$

$$\frac{T_2}{\text{Sen } 127^\circ} = \frac{125 \text{ N}}{\text{Sen } 90^\circ}$$

EJECUTAR la solución:

$$T_1 = \frac{125 \text{ N} \times \text{Sen } 143^\circ}{\text{Sen } 90^\circ}$$

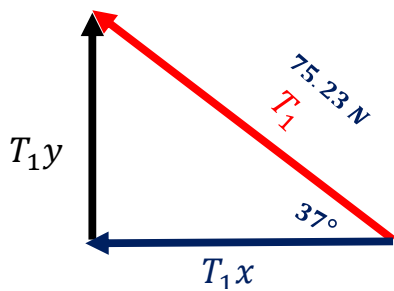
$$T_2 = \frac{125 \text{ N} \times \text{Sen } 127^\circ}{\text{Sen } 90^\circ}$$

$$T_1 = 75.23 \text{ N}$$

$$T_2 = 99.83 \text{ N}$$

EVALUAR la respuesta

Para comprobar que el sistema está en equilibrio se deberían sumar las tres fuerzas concurrentes.



$$\cos 37^\circ = \frac{T_{1x}}{75.23 \text{ N}}$$

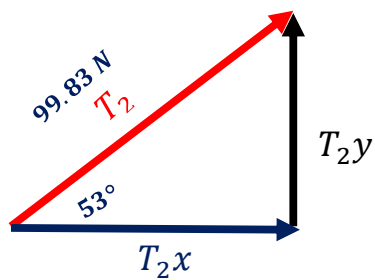
$$T_{1x} = 75.23 \text{ N} \times \cos 37^\circ$$

$$T_{1x} = -60.08$$

$$\sin 37^\circ = \frac{T_{1y}}{75.23 \text{ N}}$$

$$T_{1y} = 75.23 \text{ N} \times \sin 37^\circ$$

$$T_{1y} = 45.27$$



$$\cos 53^\circ = \frac{T_{2x}}{99.83 \text{ N}}$$

$$T_{2x} = 99.83 \text{ N} \times \cos 53^\circ$$

$$T_{2x} = 60.08$$

$$T_{3x} = 0$$

$$\sin 53^\circ = \frac{T_{2y}}{99.83 \text{ N}}$$

$$T_{2y} = 99.83 \text{ N} \times \sin 53^\circ$$

$$T_{2y} = 79.73$$

$$T_{3y} = -125$$

$$\sum T_x = T_{1x} + T_{2x} + T_{3x}$$

$$\sum T_y = T_{1y} + T_{2y} + T_{3y}$$

$$\sum T_x = -60.08 + 60.08 + 0$$

$$\sum T_y = 45.27 + 79.73 - 125$$

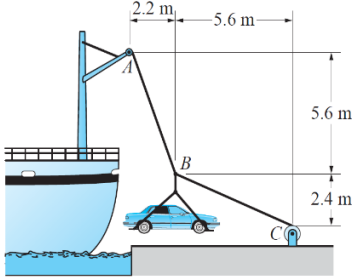
$$\sum T_x = 0$$

$$\sum T_y = 0$$

• **Participación en una Discusión Grupal**

- **Actividad:** Los estudiantes participan en una discusión grupal donde se analizan diferentes problemas de equilibrio de fuerzas. Durante la discusión, se les pide que expliquen en sus propias palabras cómo aplican el Teorema de Lamy a un problema específico y que debatan diferentes enfoques para resolverlo.
- **Ejemplo:** Los estudiantes discuten cómo aplicar el teorema en un problema donde una viga se sostiene por tres cables con diferentes ángulos, y qué sucedería si se modifica uno de los ángulos.

Forma equipos de trabajo de hasta 4 estudiantes, y analiza el siguiente problema, para su respectiva resolución.

<p>Un automóvil de 1200 kg se baja lentamente al muelle utilizando la grúa A y el malacate C. Determine las fuerzas en los cables BA y BC para la posición indicada.</p>	
--	---

FASE DE ABORDAJE

TEMA: Aplicación del Teorema de Lamy a través de la experimentación.

CLASE N°. 11

TIEMPO: 45 min

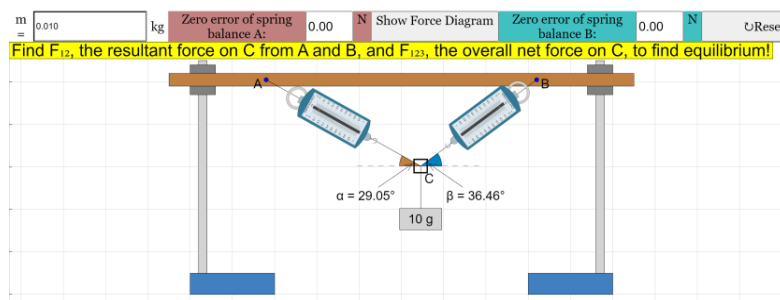
METODOLOGÍA: Niveles del Cono de la Experiencia de Edgar Dale.

Simulación y Juegos de Rol

- **Actividad:** Utilizando un software de simulación, los estudiantes pueden manipular las fuerzas y ángulos en un entorno virtual para ver cómo cambian los resultados cuando se aplica el Teorema de Lamy. También se pueden realizar actividades donde los estudiantes asumen el rol de ingenieros que deben resolver problemas reales de equilibrio de fuerzas en estructuras.
- **Ejemplo:** Los estudiantes utilizan una simulación para ajustar las fuerzas en un sistema virtual y observar cómo el sistema se mantiene en equilibrio o colapsa según los cálculos realizados con el Teorema de Lamy.

Para ingresar al simulador dar clic en el siguiente enlace

https://iwant2study.org/lookangejss/01_measurement/ejss_model_Spring_Forces_V2/



- El objetivo del simulador es explorar cómo las fuerzas que actúan sobre un solo punto en diferentes direcciones pueden afectar el equilibrio de un sistema.

La configuración es tal que se marcan dos puntos A y B en una varilla sostenida por dos soportes, y se utiliza una cuerda (inextensible) para conectar los puntos A y B, de la que cuelga una masa. La masa (que se puede ajustar) actuará como fuerza descendente sobre el sistema, y el punto de la cuerda del que cuelga la masa se marca como punto C.

A las cuerdas AC y BC se encuentran unidas dos balanzas de resorte que miden la fuerza diagonal a lo largo de sus respectivas líneas. Por lo tanto, la tarea del estudiante es explorar qué posición(es) del punto C conducirá a un equilibrio general en el sistema.

Las medidas que se muestran en la balanza de resorte son precisas, pero si uno lo desea, puede activar la opción "Mostrar diagrama de fuerza", que como su nombre lo sugiere, muestra el diagrama de fuerza (arrastrable) del sistema, actualizado a medida que se

mueve el punto C. La fuerza total que actúa sobre C está coloreada en verde, y la fuerza total que actúa sobre C desde A y B está coloreada en rojo, para facilitar la lectura.

• Experimentación Directa

- **Actividad:** Los estudiantes realizan un experimento en el laboratorio utilizando fuerzas físicas reales (por ejemplo, cuerdas y poleas con diferentes pesos). Miden las fuerzas con dinamómetros y aplican el Teorema de Lamy para confirmar sus cálculos experimentales.
- **Ejemplo:** En el laboratorio, los estudiantes configuran un sistema de tres fuerzas concurrentes utilizando pesos y cuerdas. Usan dinamómetros para medir las fuerzas y luego aplican el Teorema de Lamy para verificar si sus mediciones son correctas, comparando los resultados teóricos con los experimentales. En este caso se sugiere usar la mesa de fuerzas.

Se usará la tabla de fuerzas la cual nos permite manipular y medir los efectos de cantidades vectoriales.



El objetivo de este laboratorio es obtener una comprensión completa de la suma de vectores. Esto se logra mediante el uso de tablas de fuerzas para establecer el equilibrio de una partícula y correlacionar esta condición de equilibrio con las matemáticas de la suma de vectores. Se analizan dos métodos de suma de vectores: gráfico y analítico.

Procedimiento

- 1) Nivele la mesa de fuerza con la ayuda de un nivel de burbuja y el tornillo del pie de ajuste.
- 2) Aplique pesos y/o ajuste las poleas de modo que el centro del nudo coincida con el pivote central. Anotar el ángulo formado por las cuerdas en escala circular graduada y el valor de las pesas en la siguiente tabla de valores.

No	Magnitud de fuerzas (N)			Ángulo Anti-reloj con respecto a +eje x (grados)			$\sum F_x(N)$	$\sum F_y(N)$	Resultante	
	F_1	F_2	F_3	θ_1	θ_2	θ_3			Analítica	Gráfica

3) Dibujar el diagrama de fuerzas (vectorial) con escala adecuada para resolver el problema gráficamente, trazando los ángulos medidos sobre las fuerzas y mostrar las fuerzas respectivas.

La línea de cierre del primer y último punto da el error incurrido debido a observaciones manuales y la fricción en el aparato. El error se halla siguiendo el procedimiento de resolución de fuerzas.

Supuestos:

- ✓ Se supone que las poleas no tienen fricción.
- ✓ Se desprecia el peso propio de la cuerda.

Precaución:

- ✓ Las cuerdas deben estar libres de nudos.
- ✓ Las rotaciones de la polea deben ser suaves.

CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Realizar un acróstico con el tema “Teorema de Lamy” donde desarrolle la creatividad e imaginación.

FASE DE ABORDAJE

TEMA: Aplicación del Teorema de Lamy a través del uso de las TIC.

CLASE N°. 12 y 13

TIEMPO: 90 min

METODOLOGÍA: Aprendizaje colaborativo y cooperativo usando las TIC

PENSAMIENTO CRÍTICO

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Recordar las fórmulas vistas, mediante un Mapa Mental. - Los estudiantes voluntariamente van escribiendo las fórmulas de: Teorema de Pitágoras, Razones trigonométricas, Ley de Seno, Ley de Coseno, Teorema de Lamy, los estudiantes que acierte escribiendo las fórmulas ganan puntos.



CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Formar equipos de trabajo. Dar indicaciones generales sobre el desarrollo y los tiempos establecidos para la actividad.

Equilibrio estático nivel 1

Determina la tensión en dos cuerdas cuando una de ellas está en posición horizontal. Haz clic en el siguiente enlace para acceder al simulador.

<https://thephysicsaviary.com/Physics/APPrograms/StaticEq1/>

Nivel 1 de equilibrio estático

Encuentra la tensión en las dos cuerdas que sostienen el objeto en su lugar.

La cuerda 1 forma un ángulo con respecto a la vertical como se muestra en la imagen y la cuerda 2 está tirando horizontalmente.

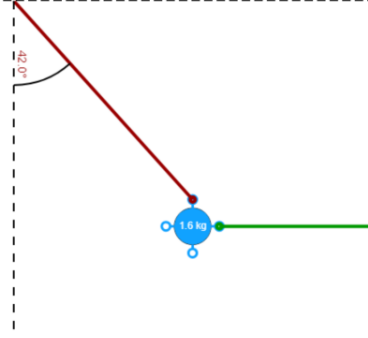
Introducir respuestas

No incluya unidades

Cuerda de tensión 1 (N):

Cuerda de tensión 2 (N):

Controlar

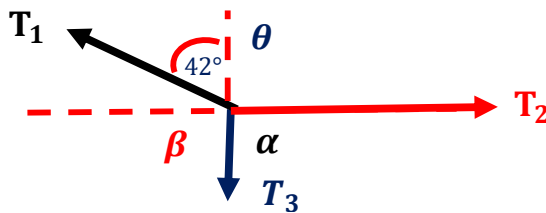


Rope 1
Rope 2

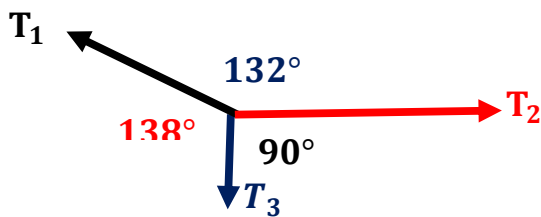
RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

IDENTIFICAR los conceptos pertinentes

Realizar un diagrama del problema y aplicar la relación de ángulos alternos internos.

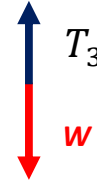


Identificar las medidas de los ángulos opuestos a las 3 tensiones.

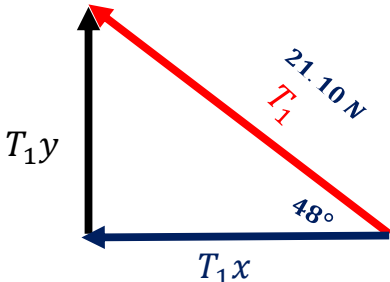


Analizar que la tensión 3 (T_3) es igual al peso (W)

$$\begin{aligned} \vec{\Sigma F}_y &= 0 \\ T_3 - W &= 0 \\ T_3 &= W \\ T_1 = ? \text{ y la } T_2 &= ? \end{aligned}$$



$W = m * g$
 $W = 1.6 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$
 $W = 15.68 \text{ N}$

PLANTEAR el problema	
Plantear la fórmula para encontrar la T_1 y la T_2 .	
$\frac{T_1}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$ $\frac{T_2}{\text{Sen } \beta} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$ $\frac{T_1}{\text{Sen } 90^\circ} = \frac{15.68 \text{ N}}{\text{Sen } 132^\circ}$ $\frac{T_2}{\text{Sen } 138^\circ} = \frac{15.68 \text{ N}}{\text{Sen } 132^\circ}$	
EJECUTAR la solución	
$T_1 = \frac{15.68 \text{ N} \times \text{Sen } 90^\circ}{\text{Sen } 132^\circ}$ $T_2 = \frac{15.68 \text{ N} \times \text{Sen } 138^\circ}{\text{Sen } 132^\circ}$ $T_1 = 21.10 \text{ N}$ $T_2 = 14.12 \text{ N}$	
EVALUAR la respuesta	
<p>Para comprobar que el sistema está en equilibrio se deberían sumar las tres fuerzas concurrentes.</p>  $\text{Cos } 48^\circ = \frac{T_{1x}}{21.10 \text{ N}}$ $\text{Sen } 48^\circ = \frac{T_{1y}}{21.10 \text{ N}}$ $T_{1x} = 21.10 \text{ N} \times \text{Cos } 48^\circ$ $T_{1y} = 21.10 \text{ N} \times \text{Sen } 48^\circ$ $T_{1x} = -14.12$ $T_{1y} = 15.68$ $T_{2x} = 14.12$ $T_{2y} = 0$ $T_{3x} = 0$ $T_{3y} = -15.68$	

$$\sum T_x = T_1x + T_2x + T_3x$$

$$\sum T_y = T_1y + T_2y + T_3y$$

$$\sum T_x = -14.12 + 14.12 + 0$$

$$\sum T_y = 15.68 + 0 - 15.68$$

$$\sum T_x = 0$$

$$\sum T_y = 0$$

Equilibrio estático nivel 2

Encuentra la tensión en dos cuerdas cuando las cuerdas tiran en ángulos iguales. Haz clic en el siguiente enlace para acceder al simulador.

<https://thephysicsaviary.com/Physics/APPrograms/StaticEq2/>

En este programa determinarás la tensión en cada una de las cuerdas que sostienen un objeto en equilibrio estático.

Ambas cuerdas están tirando en el mismo ángulo.

Equilibrio estático nivel 2

Encuentra la tensión en las dos cuerdas que sostienen el objeto en su lugar.

Ambas cuerdas forman el mismo ángulo con respecto a la vertical.

Introducir respuestas

No incluya unidades

Cuerda de tensión 1 (N):

Cuerda de tensión 2 (N):

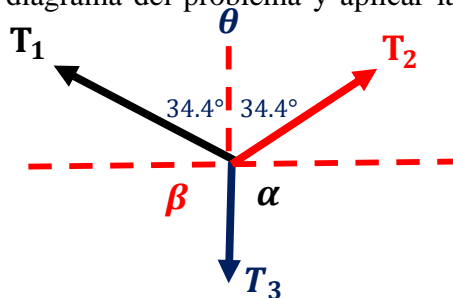
Controlar

Rope 1
Rope 2

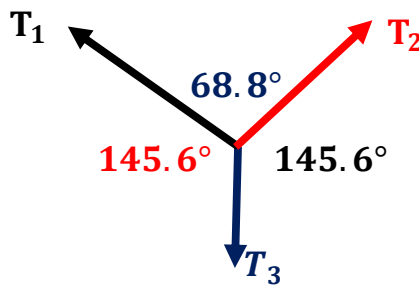
RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

IDENTIFICAR los conceptos pertinentes

Realizar un diagrama del problema y aplicar la relación de ángulos alternos internos.



Identificar las medidas de los ángulos opuestos a las 3 tensiones.



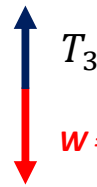
Analizar que la tensión 3 (T_3) es igual al peso (W)

$$\sum F_y = 0$$

$$T_3 - W = 0$$

$$T_3 = W$$

$$T_1 = ? \text{ y la } T_2 = ?$$



$$W = m * g$$

$$W = 5.0 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 49 \text{ N}$$

PLANTEAR el problema

Plantear la fórmula para encontrar la T_1 y la T_2 .

$$\frac{T_1}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$$

$$\frac{T_2}{\text{Sen } \beta} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$$

$$\frac{T_1}{\text{Sen } 145.6^\circ} = \frac{49 \text{ N}}{\text{Sen } 68.8^\circ}$$

$$\frac{T_2}{\text{Sen } 145.6^\circ} = \frac{49 \text{ N}}{\text{Sen } 68.8^\circ}$$

EJECUTAR la solución

$$T_1 = \frac{49 \text{ N} \times \text{Sen } 145.6^\circ}{\text{Sen } 68.8^\circ}$$

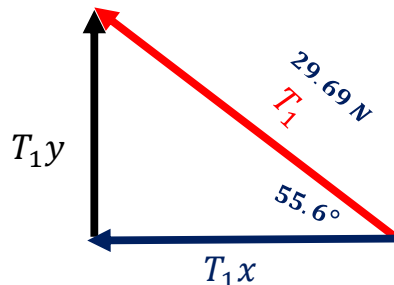
$$T_1 = 29.69 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{49 \text{ N} \times \text{Sen } 145.6^\circ}{\text{Sen } 68.8^\circ}$$

$$T_2 = 29.69 \text{ N}$$

EVALUAR la respuesta

Para comprobar que el sistema está en equilibrio se deberían sumar las tres fuerzas concurrentes.



$$\text{Cos } 55.6^\circ = \frac{T_{1x}}{29.69 \text{ N}}$$

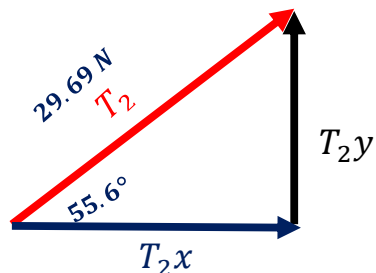
$$T_{1x} = 29.69 \text{ N} \times \text{Cos } 55.6^\circ$$

$$T_{1x} = -16.77$$

$$\text{Sen } 55.6^\circ = \frac{T_{1y}}{29.69 \text{ N}}$$

$$T_{1y} = 29.69 \text{ N} \times \text{Sen } 55.6^\circ$$

$$T_{1y} = 24.50$$



$$\text{Cos } 55.6^\circ = \frac{T_{2x}}{29.69 \text{ N}}$$

$$T_{2x} = 29.69 \text{ N} \times \text{Cos } 55.6^\circ$$

$$T_{2x} = 16.77$$

$$\text{Sen } 55.6^\circ = \frac{T_{2y}}{29.69 \text{ N}}$$

$$T_{2y} = 29.69 \text{ N} \times \text{Sen } 55.6^\circ$$

$$T_{2y} = 24.50$$

$$T_{3x} = 0$$

$$T_{3y} = -49$$

$$\sum T_x = T_1x + T_2x + T_3x$$

$$\sum T_y = T_1y + T_2y + T_3y$$

$$\sum T_x = -16.77 + 16.77 + 0$$

$$\sum T_y = 24.50 + 24.50 - 49$$

$$\sum T_x = 0$$

$$\sum T_y = 0$$

Equilibrio estático nivel 3

Encuentra la tensión en dos cuerdas cuando las cuerdas tiran en ángulos desiguales. Haz clic en el siguiente enlace para acceder al simulador.

<https://thephysicsaviary.com/Physics/APPPrograms/StaticEq3/>

En este programa determinarás la tensión en cada una de las cuerdas que sostienen un objeto en equilibrio estático.

Las cuerdas están tirando en diferentes ángulos.

Equilibrio estático nivel 3

Encuentra la tensión en las dos cuerdas que sostienen el objeto en su lugar.

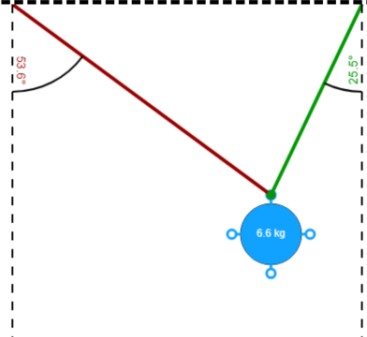
Los ángulos de la cuerda con respecto a la vertical se muestran en la imagen.

Introducir respuestas

No incluya unidades

Cuerda de tensión 1 (N):

Cuerda de tensión 2 (N):



Rope 1
Rope 2

RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA	
IDENTIFICAR los conceptos pertinentes	
Realizar un diagrama del problema y aplicar la relación de ángulos alternos internos.	
Identificar las medidas de los ángulos opuestos a las 3 tensiones.	
Analizar que la tensión 3 (T_3) es igual al peso (W)	
$\sum F_y = 0$ $T_3 - W = 0$ $T_3 = W$ $T_1 = ? \text{ y la } T_2 = ?$	$W = m * g$ $W = 6.6 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$ $W = 64.68 \text{ N}$
PLANTEAR el problema	
Plantear la fórmula para encontrar la T_1 y la T_2 .	
$\frac{T_1}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$ $\frac{T_2}{\text{Sen } \beta} = \frac{T_3}{\text{Sen } \theta}$	
$\frac{T_1}{\text{Sen } 154.5^\circ} = \frac{64.68 \text{ N}}{\text{Sen } 79.1^\circ}$ $\frac{T_2}{\text{Sen } 126.4^\circ} = \frac{64.68 \text{ N}}{\text{Sen } 79.1^\circ}$	
EJECUTAR la solución	

$$T_1 = \frac{64.68 \text{ N} \times \text{Sen } 154.5^\circ}{\text{Sen } 79.1^\circ}$$

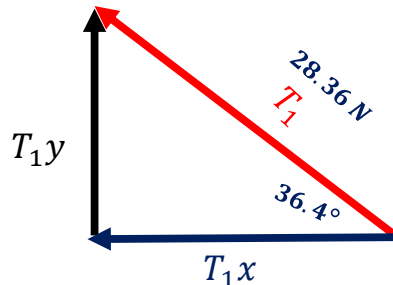
$$T_2 = \frac{64.68 \text{ N} \times \text{Sen } 126.4^\circ}{\text{Sen } 79.1^\circ}$$

$$T_1 = 28.36 \text{ N}$$

$$T_2 = 53.02 \text{ N}$$

EVALUAR la respuesta

Para comprobar que el sistema está en equilibrio se deberían sumar las tres fuerzas concurrentes.



$$\text{Cos } 36.4^\circ = \frac{T_{1x}}{28.36 \text{ N}}$$

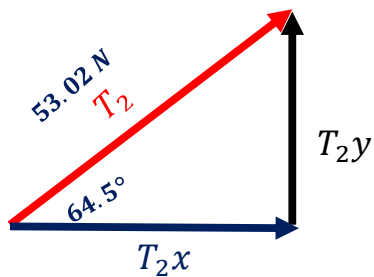
$$\text{Sen } 36.4^\circ = \frac{T_{1y}}{28.36 \text{ N}}$$

$$T_{1x} = 28.36 \text{ N} \times \text{Cos } 36.4^\circ$$

$$T_{1y} = 28.36 \text{ N} \times \text{Sen } 36.4^\circ$$

$$T_{1x} = -22.83$$

$$T_{1y} = 16.83$$



$$\text{Cos } 64.5^\circ = \frac{T_{2x}}{53.02 \text{ N}}$$

$$\text{Sen } 64.5^\circ = \frac{T_{2y}}{53.02 \text{ N}}$$

$$T_{2x} = 53.02 \text{ N} \times \text{Cos } 64.5^\circ$$

$$T_{2y} = 53.02 \text{ N} \times \text{Sen } 64.5^\circ$$

$$T_{2x} = 22.83$$

$$T_{2y} = 47.85$$

$$T_{3x} = 0$$

$$T_{3y} = -64.68$$

$$\begin{aligned} \sum T_x &= T_1x + T_2x + T_3x & \sum T_y &= T_1y + T_2y + T_3y \\ \sum T_x &= -22.83 + 22.83 + 0 & \sum T_y &= 16.83 + 47.85 - 64.68 \\ \sum T_x &= 0 & \sum T_y &= 0 \end{aligned}$$

Establecer conclusiones del tema.

CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Desarrollar el siguiente ejercicio de manera individual:

PROBLEMA	
<p>El publicista Joe desea colgar un cartel de $7.50 \times 10^2 N$ de forma que el cable A, fijado a la tienda, forme un ángulo de 30.0°, como se muestra en la figura. El cable B es horizontal y está unido a un edificio contiguo. ¿Cuál es la tensión del cable A y del cable B?</p>	
IDENTIFICAR los conceptos pertinentes	
PLANTEAR el problema	
EJECUTAR la solución	
EVALUAR la respuesta	

PENSAMIENTO CRÍTICO

FASE DE ABORDAJE

TEMA: Actividad gamificada: “Desafío del Equilibrio”

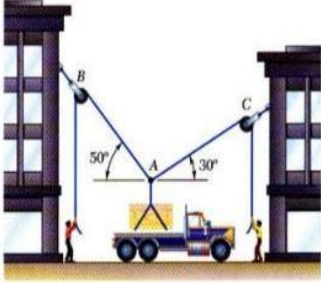
CLASE N°. 14 y 15

TIEMPO: 90 min

METODOLOGÍA: Gamificación

ANTICIPACIÓN: 7 minutos

Resolver el siguiente ejercicio con la guía del docente con aportes de todos/as los integrantes del curso.

PROBLEMA	
<p>Encontrar las tensiones para que el sistema con la caja de peso de 736 N estese en equilibrio.</p>	
<p>IDENTIFICAR los conceptos pertinentes</p>	
<p>PLANTEAR el problema</p>	
<p>EJECUTAR la solución</p>	
<p>EVALUAR la respuesta</p>	

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO: 25 minutos

Formar 4 grupos de trabajo.

Dar indicaciones generales

Descripción:

1.- Contexto del juego: Los estudiantes se convierten en “ingenieros” que deben diseñar estructuras equilibradas utilizando los principios del **Teorema de Lamy**. Cada equipo competirá para resolver desafíos de equilibrio de fuerzas aplicadas en puntos de una estructura.

2.- Dinámica:

- El juego consiste en varios niveles, cada uno representando un problema de equilibrio.
- Los jugadores tienen que identificar las fuerzas concurrentes aplicadas a un cuerpo y utilizando el Teorema de Lamy, calcular la magnitud y dirección de las fuerzas desconocidas.
- A medida que avanzan los niveles, los problemas se vuelven más complejos y requieren análisis más detallados.

3.- Mecánica del juego:

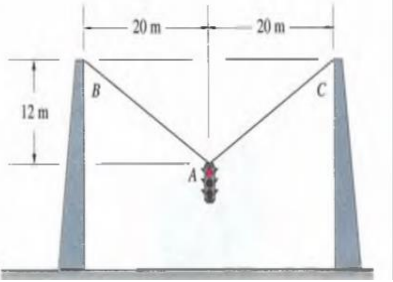
- Se entregan tarjetas con problemas visuales donde tres fuerzas concurrentes actúan sobre un punto. Cada equipo debe aplicar el Teorema de Lamy para encontrar las relaciones entre las fuerzas.

PROBLEMA 1	
<p>Una cuerda liviana ABCDE cuyo extremo A está fijo, tiene pesos W_1 y W_2 unidos a él en B y C. Pasa alrededor de una pequeña clavija lisa en D que lleva un peso de 300 N en el extremo libre E como se muestra a continuación. Si en la posición de equilibrio, BC es horizontal y AB y CD forman 150° y 120° con BC, encuentre (i). Tensión en la porción AB, BC y CD de la cuerda y (ii) Magnitudes de W_1 y W_2.</p>	

IDENTIFICAR los conceptos pertinentes	
PLANTEAR el problema	
EJECUTAR la solución	
EVALUAR la respuesta	

PROBLEMA 2	
<p>Un sistema de cables sostiene un banco de luces de 1 000lb sobre un estudio cinematográfico. ¿Determine las tensiones en los cables AB, CD Y CE de la figura?</p>	
IDENTIFICAR los conceptos pertinentes	

PLANTEAR el problema	
EJECUTAR la solución	
EVALUAR la respuesta	

PROBLEMA 3	
Un semáforo de 140 kg pende de dos cables. ¿Cuál es la tensión en los cables?	
IDENTIFICAR los conceptos pertinentes	
PLANTEAR el problema	
EJECUTAR la solución	

EVALUAR la respuesta	

- Utilizan fichas o recursos digitales para representar gráficamente las fuerzas, con lo cual pueden visualizar mejor los vectores.
- Pueden utilizar herramientas de cálculo (reglas, transportadores o aplicaciones móviles de física) para resolver los problemas.
- Para avanzar al siguiente nivel, los equipos deben obtener la solución correcta.

4.- Puntos y Recompensas:

- Los equipos ganan puntos por resolver correctamente los problemas y explicar cómo aplicaron el Teorema de Lamy.
- Se pueden incluir bonificaciones por completarlos desafíos en menos tiempo o por justificar detalladamente los pasos seguidos.

5.- Meta Final: Al final de la actividad, el equipo con más puntos obtiene una recompensa (puede ser una “certificación de ingeniero del equilibrio” o puntos adicionales en clase).

Reflexión Final:

Una vez completado el juego, se realiza una discusión donde los estudiantes explican cómo aplicaron el Teorema de Lamy y se analiza como la gamificación ayudó a mejorar su comprensión. Además, se discuten las aplicaciones prácticas de este teorema en situaciones reales como la construcción o el diseño de estructuras.

Esta actividad combina la resolución de problemas con la gamificación, haciendo el aprendizaje del Teorema de Lamy más dinámico y atractivo.

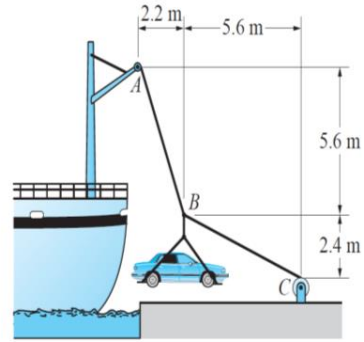
Establecer conclusiones del tema.

CONSOLIDACIÓN: 13 minutos

Desarrollar el siguiente ejercicio de manera individual:

PROBLEMA

Un automóvil de 1200 kg se baja lentamente al muelle utilizando la grúa A y el malacate C. Determine las fuerzas en los cables BA y BC para la posición indicada.



IDENTIFICAR los conceptos pertinentes

PLANTEAR el problema

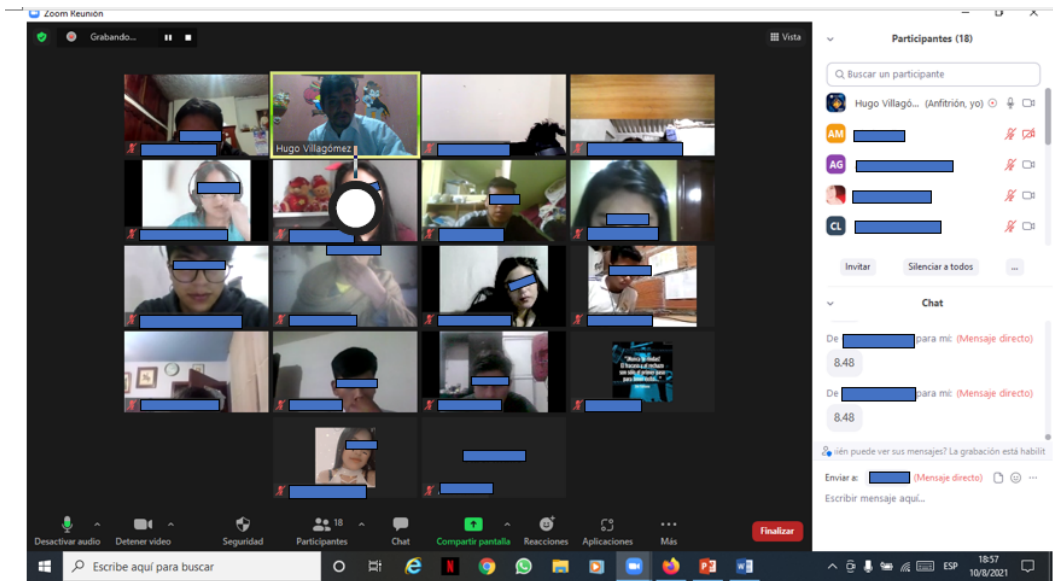
EJECUTAR la solución

EVALUAR la respuesta

7. REFERENCIAS

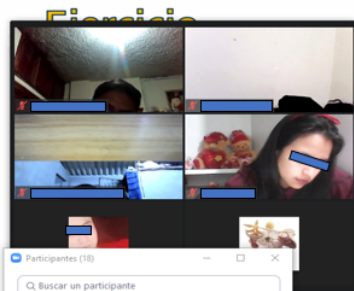
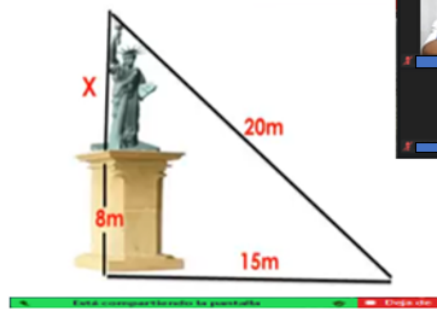
- Mimenza, O. C. (24 de 03 de 2017). *Portal Psicología y Mente*. Obtenido de <https://psicologiaymente.com/inteligencia/pensamiento-critico>
- OpenStax. (28 de 09 de 2021). Obtenido de <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/5-7-dibujar-diagramas-de-cuerpo-libre>
- Santander . (25 de 11 de 2022). *Santander Open Academy*. Obtenido de <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/aprendizaje-constructivista.html>
- UNIR. (2023). *Universidad Internacional de La Rioja* . Obtenido de <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/flipped-classroom-las-claves-de-una-metodologia-rompedora/>
- UNIR. (2024). *Universidad Internacional de La Rioja*. Obtenido de <https://www.unir.net/educacion/revista/metodologias-activas/>

Anexo 6: Evidencias Fotográficas



Problema 2:

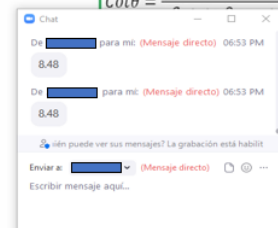
Una estatua se encuentra colocada sobre una columna de 8 metros de altura. Desde el punto superior de la estatua se extiende un cable de 20 metros de longitud hasta el suelo situado a 15 metros de la base de la columna. Calcular la longitud de la estatua.

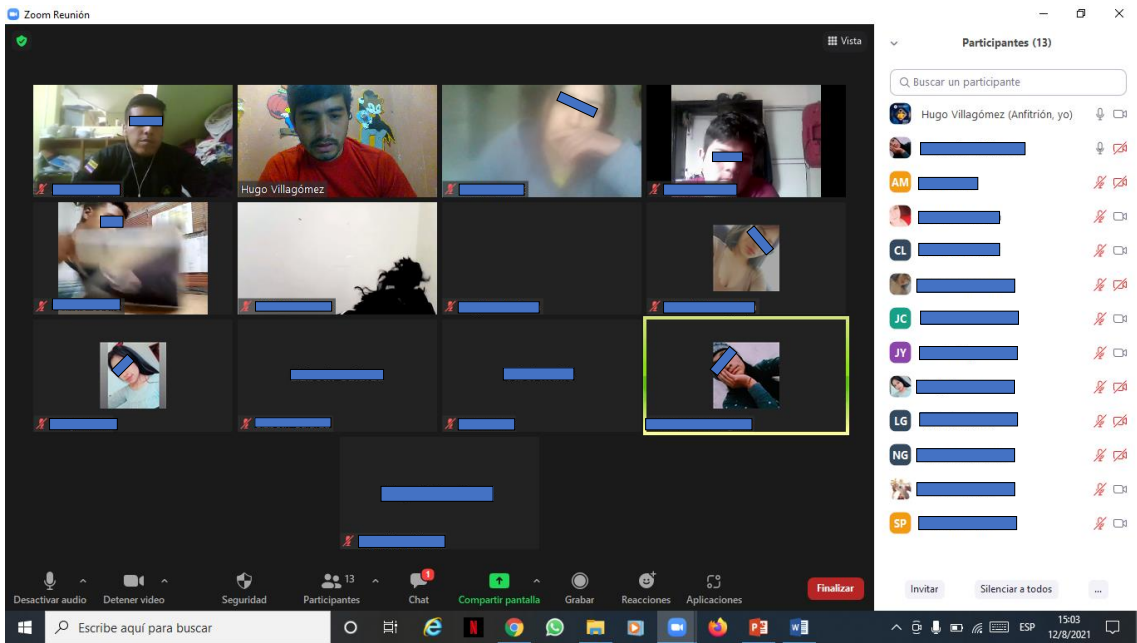


$$\begin{aligned} \text{Sen}32^\circ &= \frac{CO}{H} \\ \text{Sen}32^\circ &= \frac{x}{10 \text{ m}} \\ x &= \text{Sen}32^\circ \cdot 10 \text{ m} \\ x &= 5.3 \text{ m} \end{aligned}$$

Razones trigonométricas

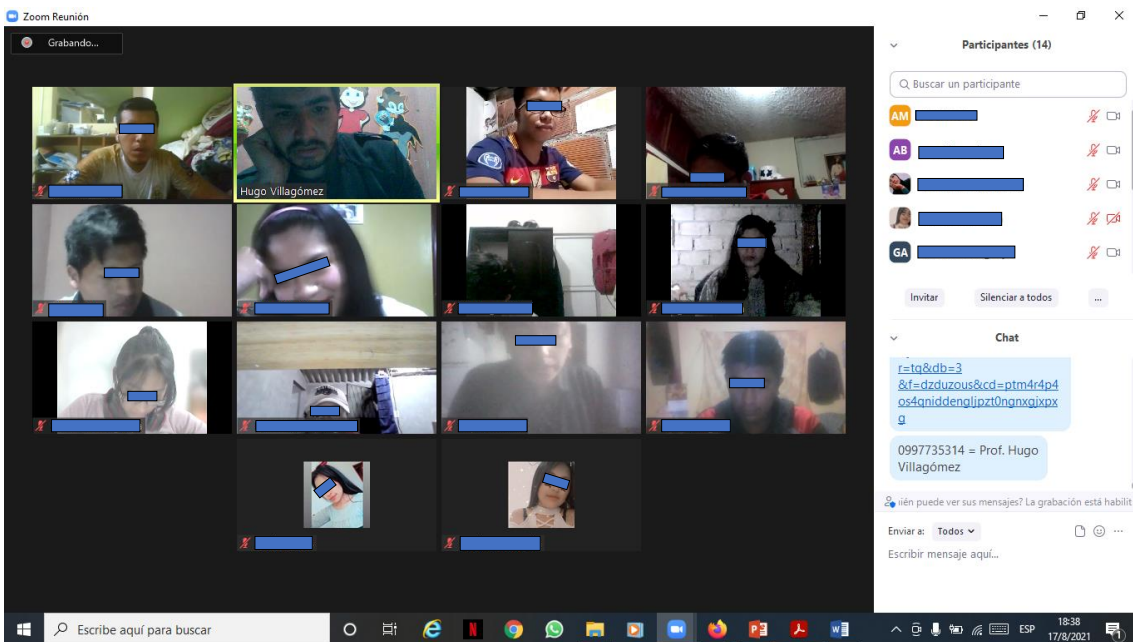
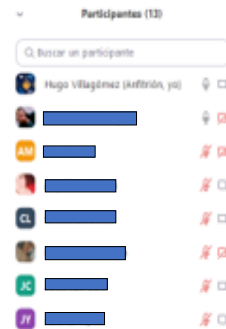
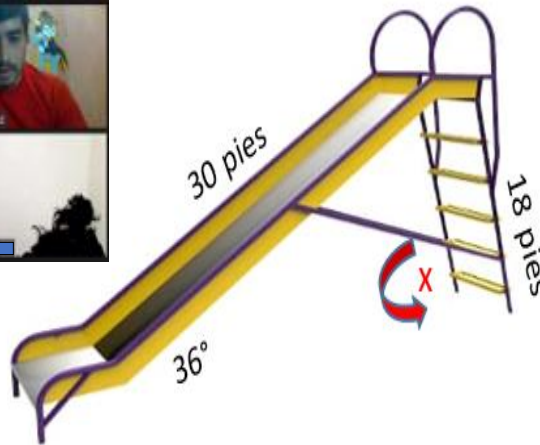
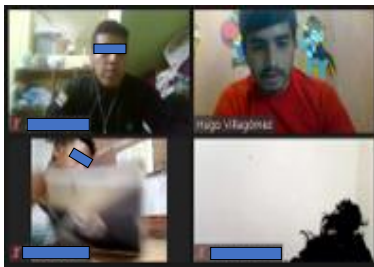
$$\begin{aligned} \text{Sen}\theta &= \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Hipotenusa}} \\ \text{Cos}\theta &= \frac{\text{Cateto Adyacente}}{\text{Hipotenusa}} \\ \text{Tan}\theta &= \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}} \\ \text{Cot}\theta &= \frac{\text{Cateto Adyacente}}{\text{Cateto Opuesto}} \end{aligned}$$





Está compartiendo la pantalla Deja de

Una resbaladera tiene 30 pies de longitud y 36° de inclinación con respecto al suelo. Si la escalera mide 18 pies de largo, ¿cuál es la inclinación de la escalera?



Equilibrio estático nivel 2

Encuentra la tensión en las dos cuerdas que sostienen el objeto en su lugar.
Ambas cuerdas forman el mismo ángulo con respecto a la vertical.

Introducir respuestas
No incluya unidades

Cuerda de tensión 1 (N):

Cuerda de tensión 2 (N):

Controlar

Rope 1
Rope 2

The diagram shows a blue circular mass labeled "5.0 kg" suspended by two ropes. The left rope is red and labeled "Rope 1", and the right rope is green and labeled "Rope 2". A vertical dashed line represents the vertical axis, and an angle is indicated between this axis and the red rope. The ropes are symmetrically placed relative to the vertical axis.



Participantes (14)

Q. Buscar un participante

- AM
- AB
-
-