

3CONVERTIBILIDAD DE LOS FENÓMENOS Y SU CONEXIÓN CON LA  
ENERGÍA

MARÍA AUXILIADORA SÁNCHEZ GODOY

JOSE FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ

SANDRA SANDOVAL OSORIO

Asesores

Grupo de estudios histórico-críticos y enseñanza de las Ciencias  
Línea de Investigación La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BECAL PARAGUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA - DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
BOGOTÁ, D.C., 2024

Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría: en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos.

## **Agradecimientos**

En este proceso de formación, agradezco en primer lugar a Dios y a la Virgen María, a quienes por medio de la fe me han iluminado y permitido llegar hasta aquí, brindándome fortaleza en los momentos de mayor desafío. A mis padres, Funciano Sánchez Duarte (+) y Narcisa Godoy Riveros, a quienes les debo su apoyo incondicional, sino también el ejemplo de esfuerzo y dedicación me inspiran cada día. A mis hermanos, amigos y compañeros de esta maestría, quienes me acompañaron en este viaje académico y emocional, les extiendo mi gratitud por su amistad y apoyo sincero.

No puedo dejar de expresar mi agradecimiento en forma especial a los asesores Sandra Sandoval Osorio y José Francisco Malagón Sánchez y al equipo de orientación, por su dedicación, paciencia y guía a lo largo del proceso. Su compromiso y sus consejos fueron invaluable en la construcción de este trabajo, ya que supieron escuchar y comprender mis inquietudes, ayudándome a crecer en lo académico y personal.

Todos forman parte de este logro y hacen parte de una forma muy especial.

## Tabla de contenido

Introducción.....	6
Capítulo 1 .....	9
1.1. Contexto problemático .....	9
1.2. Pregunta problema .....	12
1.3. Objetivos .....	12
1.3.1. Objetivo general.....	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	12
Capítulo 2 .....	13
2.1. La importancia de la experimentación en el aula .....	13
2.2. Energía y su contexto en la historia y la física .....	14
2.3. Identificación de las variables.....	18
2.4. Formalización del fenómeno .....	19
2.5. Delimitación de la actividad experimental .....	21
Capítulo 3 .....	23
3. Transformación de la energía .....	23
4. Relación entre los fenómenos mecánicos y eléctricos .....	23
5. Transformación de energía mecánica a eléctrica (explicar qué pasa internamente en el circuito para que se transforme la energía mecánica a eléctrica) .....	25
6. Relación entre las variables de energía mecánica y eléctrica en su transformación .....	27
Capítulo 4 .....	29
4.1. Plano inclinado y caída de los cuerpos .....	29
4.1.1. Caída de los cuerpos .....	29
4.1.2. Plano inclinado y resorte.....	43
4.1.2.1. Primera experiencia con el plano inclinado y resorte con mismo material y diferentes masas .....	43
4.1.2.2. Fenómenos de movimiento en fenómenos elásticos.....	44
4.1.2.3. Robert Hooke y la ley de elasticidad, relación entre la compresión y los aportes de Hooke: .....	46
4.1.2.4. La principal diferencia entre el resorte y la esfera .....	47
4.1.2.5. Interpretación de la tabla de altura vs la compresión del resorte .....	48
4.1.2.6. Segunda actividad experimental con el plano inclinado y resorte con diferentes materiales y diferentes masas .....	52

4.1.3.	Plano inclinado y circuito eléctrico .....	55
4.1.3.1.	. Convertibilidad de los fenómenos mecánicos y fenómenos eléctricos.....	56
Capítulo 5	.....	62
5.1.	Proyección de propuesta de aula .....	63
Anexos	.....	67
Conclusiones	.....	77
Referencias bibliográficas	.....	79

## Introducción

En las ciencias naturales, y en especial en la física usualmente se enfocan las prácticas pedagógicas a transmitir contenidos que desvinculan de las experiencias tangibles de los estudiantes, lo que dificulta la construcción de su aprendizaje en la comprensión de la realidad y los fenómenos que tienen en su entorno. En este sentido, se suele dar mayor importancia a las definiciones de los resultados científicos y a las formalizaciones, limitando los procesos a cuestiones teóricas o resolución de ejercicios, sin examinar un enfoque basado en las equivalencias entre fenómenos. Desde la perspectiva de este trabajo de grado, se pretende ayudar a los estudiantes a relacionar diferentes fenómenos físicos por medio de la observación de sus magnitudes involucradas y sus efectos, que les permita una visión más clara de los procesos inicialmente sin recurrir a las teorías.

En el estudio de la convertibilidad de los fenómenos se procura llegar a hablar de un fenómeno en términos de otro fenómeno de diferente naturaleza y es importante para comprender cómo distintas magnitudes físicas pueden relacionarse entre sí, en diferentes contextos. En la enseñanza de las ciencias, en física principalmente, este estudio es fundamental ya que permite identificar relaciones entre fenómenos de distinta naturaleza para que se tenga una mejor comprensión. Al abordar ciencias en las aulas, generalmente se privilegia aspectos teóricos, alejándose de las experiencias cotidianas de los estudiantes, lo que puede llegar a dificultar el logro de competencias que les permitan vincular con situaciones observables de su alrededor.

En este contexto, la convertibilidad ofrece la oportunidad de identificar magnitudes como la velocidad o la posición, pueden tener equivalencias con otras magnitudes en diferentes sistemas sin la necesidad de recurrir a teorías abstractas. Por lo tanto, este enfoque facilita comprender los fenómenos de una forma más práctica y concreta, al relacionar lo que ocurre en un sistema a partir de lo observado, o medido en otro, con el objetivo de vincular lo epistemológico y las situaciones reales que experimentan en la vida cotidiana.

Con el objetivo de diseñar algunas actividades para la clase de ciencias naturales, para ello es necesario que el docente proponga acciones que permita la experimentación y comprensión del fenómeno físico del entorno; además de buscar fomentar el espíritu crítico, la curiosidad y la capacidad de analizar las actividades experimentales realizadas.

En la combinación de las perspectivas epistemológicas y fenomenológicas, se busca que los estudiantes logren establecer una conexión entre la teoría y la práctica; facilitando los conceptos

teóricos que sean necesarios para la comprensión de los fenómenos y por otra parte la experimentación de los fenómenos de una forma más directa, en busca de una construcción de conocimientos más sólidos y significativo para el estudiante, esta combinación de teoría y práctica hace que el aprendizaje sea más reflexivo. Este acercamiento facilita que los estudiantes puedan construir sus conocimientos basándose en la observación y la manipulación de los objetos materiales, y que los mismos construyan sus conocimientos a partir de lo que experimenta.

En este contexto el trabajo está dividido en cinco capítulos en donde el primer capítulo se profundiza en como los fenómenos mecánicos y eléctricos están relacionados, proponiendo que por medio de actividades practicas los estudiantes logren establecer una conexión entre los conceptos teóricos y el mundo real, al establecer estos modelos con lo matemático se facilita una comprensión más significativa sobre los fenómenos en estudio.

En el segundo capítulo, se enfatiza la experimentación en el proceso de construcción de conocimiento, realizando las actividades experimentales los estudiantes pueden observar los fenómenos físicos y a su vez analizar las variables involucradas, que les permitirá construir sus propias explicaciones, comprendiendo los conceptos teóricos.

En el tercer capítulo se analizan la relación de los fenómenos mecánicos y eléctricos y como interactúan entre sí a través de la conversión de la energía, por medio de los cambios en una variable la cual afecta a otra variable que afecta a su vez a otro sistema; por ejemplo, la generación de la electricidad en una hidroeléctrica, en donde la energía potencial del agua se transforma en energía eléctrica, pudiendo demostrarse la relación entre la mecánica y la electricidad.

En el cuarto capítulo se explora la transformación de la energía de una forma a otra; por medio de experimentos como por ejemplo las esferas que caen sobre el plano inclinado, se analiza como la energía mecánica se convierte en otros tipos de energía como, por ejemplo, la energía cinética. Por medio de esto experimentos se pueden comprender la relación existente entre las formas de energía y como se pueden cuantificar los cambios.

Asimismo, se aborda la experiencia de compresión del resorte, en donde se analiza cómo la caída de esferas de un mismo material y con distintas masas afecta la deformación del resorte, lo que permite comprender la relación entre la altura y la deformación de un cuerpo. Otra actividad incluye la caída de esferas en un plano inclinado conectado a un ventilador y a un generador. En este experimento, el movimiento genera un trabajo mecánico que se transfiere al ventilador, el cual, al estar unido al generador, produce electricidad suficiente para encender un bombillo LED.

Este análisis ilustra cómo la altura influye en la generación de tensión eléctrica, y se fundamenta con la teoría de la inducción electromagnética de Michael Faraday. La observación se complementa con el uso de Leds de diferentes colores: los bombillos de menor voltaje, como el amarillo, se encienden con mayor facilidad en comparación con los de mayor voltaje, como los azules y verdes.

En el quinto capítulo, que corresponde a la propuesta de aula, se presenta un enfoque didáctico orientado a que los estudiantes se familiaricen con el estudio de la convertibilidad de los fenómenos a través de situaciones cotidianas que ejemplifican la relación entre fenómenos mecánicos y eléctricos. El objetivo principal de esta propuesta de aula es guiar a los estudiantes al análisis de estas relaciones, sustentado en la teoría y en preguntas que faciliten la evaluación de sus conocimientos previos. Con la construcción de un dínamo de elaboración casera, los estudiantes tendrán la oportunidad de experimentar de forma directa la transformación de la energía eléctrica, pudiendo fortalecer de esta manera la comprensión de los conceptos referentes a la física. Esta actividad permitirá a los estudiantes establecer conexiones entre las variables involucradas y desarrollar habilidades de análisis de la situación y la resolución de problemas.

Expreso mis agradecimientos a los profesores José Francisco Malagón Sánchez y Sandra Sandoval Osorio, por el acompañamiento durante el proceso de realización de este trabajo de grado. Así mismo agradezco al personal de laboratorio de Física, por su colaboración y apoyo; finalmente expreso mi gratitud al programa BECAL Paraguay por brindarme la oportunidad para cursar esta maestría y poder de esta manera contribuir al desarrollo de mi país.

## Capítulo 1

### 1.1. Contexto problemático

En el abordaje de las ciencias naturales, resulta fundamental que los estudiantes, en este contexto exploren sobre la convertibilidad de los fenómenos y su conexión con la energía. No obstante, a menudo, estos se dan de forma teórica, lo que dificulta el aprendizaje de los estudiantes en situaciones prácticas y diarias. Por lo que esto lleva a un aprendizaje y conocimiento superficial, en donde los mismos no llegan a vincular lo científico con lo real y tangible. (Pozo, 2008).

En este sentido en la enseñanza de las ciencias, aprender ciencias no es limitarse a memorizar información, los estudiantes deben tener una participación en donde pongan a prueba sus ideas a través de la observación y la actividad experimental. Por lo tanto, es necesario herramientas que les permitan reflexionar, preguntarse de manera crítica y llegar a una comprensión de las transformaciones energéticas en este contexto.

El estudio de la convertibilidad de los fenómenos permite describir y medir los cambios que se observan y experimentan los objetos cuando cambian de posición o al moverse, aunque estos cambios no puedan observarse a simple vista. En el ejemplo de dejar caer esferas desde diferentes alturas en un plano inclinado, se dificulta observar la transformación que ocurre durante el proceso cuando se deja caer la esfera desde una posición inicial hasta alcanzar una distancia horizontal al llegar al suelo. Aquí la formalización nos ayuda a comprender la relación entre las variables involucradas, lo cual nos permite hacer estas relaciones mediante ecuaciones matemáticas, en donde podemos estudiar, cuantificar exactamente cómo diferentes magnitudes en este caso la altura el tiempo la velocidad interactúan, esto ayudará al estudiante a comprender y establecer conexiones y comportamientos en un sistema complejo.

Por lo tanto, si la formalización tiene su correspondencia con las formas matemáticas no solo facilita las relaciones entre las variables mencionadas anteriormente en el proceso de conversión y transformación, esta herramienta resulta importante para entender cómo la energía se transforma de una forma a otra.

En la caída libre de las esferas, la posición inicial desde una determinada altura en donde se tiene una energía potencial gravitatoria. A medida que la esfera cae, la velocidad aumenta en donde se convierte en energía cinética, entonces la relación de la altura inicial y la velocidad alcanzada se podría traducir matemáticamente y el cambio es proporcional a la distancia recorrida.

Entonces en este ejemplo la convertibilidad de los fenómenos nos ayuda a estudiar y a cuantificar las transformaciones que ocurren durante el movimiento, a pesar de que en algunos casos los cambios que ocurren no pueden ser observados a simple vista.

La formalización es fundamental para el estudio de la caída de los cuerpos, ya que nos permite analizar los cambios observados y poder cuantificarlos en relaciones precisas. El poder expresar estas relaciones matemáticamente podemos llegar a explicar de manera más exacta, de como las diferentes variables interactúan. Esto en la caída libre de las esferas nos permite comprender la conexión entre la energía potencial inicial, la energía cinética y la velocidad durante la caída en todo momento, entonces podemos decir que por medio de la formalización se puede integrar lo que uno puede observar y lo abstracto, enmarcando un marco conceptual riguroso para analizar estos fenómenos.

El análisis de la convertibilidad de los fenómenos es clave para comprender las transformaciones que se dan en diferentes sistemas físicos, por ejemplo, en la interacción en un plano inclinado con esferas y un resorte, que al impactar con el resorte este se comprime y almacena energía potencial elástica. Al volver a su estado inicial, el resorte transfiere esta energía a la esfera empujando nuevamente, en donde se puede evidenciar las variaciones entre las magnitudes involucradas provocan cambios en otras, en donde esto explica el principio de la conservación de la energía.

La formalización en caída libre de esferas y la compresión de un resorte es clave para deducir matemáticamente en donde se puedan describir las relaciones entre las variables involucradas. Al determinar los cambios en la altura y la deformación del resorte podemos darnos cuenta e identificar fenómenos que no se pueden observar a simple vista, por lo que estas experiencias nos ayudan a comprender los principios físicos.

En este sentido la comprensión de los fenómenos físicos hace referencia a una estrecha vinculación entre la experiencia y la teoría que al observar y cuantificar los resultados de la actividad experimental podemos llegar a traducirlos en conceptos abstractos y expresiones matemáticas, este vínculo real y la teoría aparte de describir fenómenos, ayuda a establecer relaciones. Relacionar fenómenos de distinta naturaleza facilita esta comprensión, ya que conecta el fundamento teórico con experiencias reales y medibles. Por ejemplo, al comparar la altura con el movimiento en un resorte, se puede analizar la fuerza aplicada y el desplazamiento resultante.

La transformación de la energía mecánica en energía eléctrica implica describir un fenómeno en términos de otro. Un generador eléctrico convierte un trabajo mecánico en electricidad a través del movimiento de un conductor en un campo magnético. Esta transformación se basa en el principio de inducción electromagnética, donde un conductor - en este caso el alambre de cobre- genera corriente eléctrica al moverse en un campo magnético. El movimiento mecánico, como el giro de una turbina, proporciona fuerza necesaria para mover los conductores dentro de un generador. Cuando las bobinas de alambre se mueven a través de un campo magnético, se induce una corriente eléctrica en el alambre, ya que el cambio en el flujo magnético a través de los conductores es lo que genera la corriente eléctrica.

Las variables para medir la velocidad incluyen la rotación del generador, porque a mayor velocidad del rotor, mayor será el flujo y la fuerza del campo magnético, lo que se traduce en una mayor intensidad dentro del generador. Un campo magnético más fuerte genera más corriente eléctrica a medida que los conductores se mueven a través de él. Otras variables importantes son la corriente eléctrica generada, que depende directamente de la velocidad de rotación y la fuerza del campo magnético, y el voltaje generado, que se refiere a la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos y está relacionado con la capacidad del generador que convierte la energía mecánica en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética.

Al medir la rotación del generador y la fuerza del campo magnético, se puede observar cómo estas variables influyen en la cantidad de corriente y voltaje generado, lo que permite comparar la electricidad producida. De este modo son fundamentales estas relaciones para entender que el movimiento mecánico se traduce en electricidad, aplicando el principio de convertibilidad de los fenómenos en la enseñanza de las ciencias.

Para las hidroeléctricas, tales como la Itaipú Binacional, una de las más importantes a nivel mundial, brinda la posibilidad de expandir conceptos teóricos en un entorno real y práctico. Al examinar cómo se genera electricidad a partir del trabajo mecánico, se puede demostrar la convertibilidad de los fenómenos en un contexto específico. Este análisis facilita una comprensión más clara de la conexión entre las magnitudes físicas implicadas y la manera en que se convierten de un tipo de energía a otro.

Este trabajo de profundización se centra en la formalización de fenómenos mecánicos y eléctricos mediante actividades experimentales, con el propósito de explorar las transformaciones que ocurren en una planta hidroeléctrica. Se analiza el proceso que va desde la energía potencial

estacionada en el agua hasta la energía eléctrica generada, así como la manera en que estos conceptos pueden ser abordados en el contexto educativo. Asimismo, no solo permitirá la comprensión del proceso técnico, sino que también promueve su aplicación pedagógica, lo cual es fundamental en el aula.

## **1.2. Pregunta problema**

¿De qué manera se puede estudiar y comprender la relación entre fenómenos mecánicos y eléctricos, considerando que la actividad experimental, junto con la organización de magnitudes y de relación entre magnitudes, contribuyen a su formalización y su abordaje en la clase de ciencias naturales?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Ampliar la experiencia para profundizar en la comprensión de la relación entre los fenómenos mecánicos y eléctricos, de manera que sea posible formalizar cómo se interconectan las magnitudes involucradas, utilizando la convertibilidad como criterio o categoría de organización.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las relaciones entre fenómenos mecánicos y eléctricos en donde se pueda ejemplificar la convertibilidad de los fenómenos en un contexto experimental.
- Diseñar actividades experimentales que permitan observar y cuantificar la conversión de los fenómenos mecánicos y eléctricos.
- Desarrollar estrategias pedagógicas sobre la convertibilidad de los fenómenos a través de los fenómenos mecánicos eléctricos en la enseñanza de las ciencias naturales.

## Capítulo 2

### 2.1. La importancia de la experimentación en el aula

La experimentación cumple una función muy importante en la enseñanza de las ciencias, ya que permite a los estudiantes no solo adquirir conceptos teóricos, sino aplicar el método científico que es un proceso sistemático utilizado en la ciencia para estudiar un fenómeno, adquirir nuevos conocimientos, corregir y ampliar los conocimientos previos, el cual se basa en la observación, experimentación y razonamiento, para formular hipótesis y teorías que explican los fenómenos naturales, por otro lado la implementación de la actividad experimental en el aula presenta dificultades que requieren un análisis y una reestructuración del enfoque tradicional.

Por otro lado, como mencionan Sandoval et al. (2006), tres roles vinculados al experimento que deben ser tenidos en cuenta a la hora de implementar una actividad experimental son:

- La organización de la experiencia y procesos de formalización como construcción de magnitudes y formas de medida.
- El experimento permite plantear problemas importantes para la enseñanza de las ciencias.
- La actividad experimental propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta teoría (Sandoval et al. 2006).

La actividad experimental es fundamental en la enseñanza de las ciencias, en donde los estudiantes pueden involucrarse con los fenómenos, para que puedan construir su propio conocimiento basándose en el sustento teórico científico. En donde mediante la actividad experimental sean protagonistas, que interactúen con los fenómenos, observando y manipulando variables. El sustento teórico es importante pero la experimentación es lo que les permitirá validar, refutar o ajustar sus ideas basándose en evidencia directa. La actividad experimental no se limita solamente en la observación, sino también en la organización de experiencias y formalización de la teoría a través de la construcción de magnitudes y métodos de medición.

La organización de la experiencia cumple una función muy importante en este desarrollo, en donde los estudiantes se enfrentan a desafíos precisos para su aprendizaje. Por medio de la experimentación, puedan desarrollar habilidades de medición, observación y cuantificación. A través de la experimentación los estudiantes pueden comprobar de manera tangible magnitudes físicas como la velocidad, la altura y la masa.

El punto de partida en cualquier actividad experimental es plantearse una pregunta que surja de la observación de un fenómeno, por ejemplo, los estudiantes podrían observar que un objeto en caída libre, que parece acelerarse a medida que se acerca al suelo. Entonces a partir de esta observación, pueden formular una hipótesis como “la velocidad de un objeto en caída libre aumenta de forma proporcional al tiempo que lleva cayendo”. Eso permite que los estudiantes desarrollen su pensamiento crítico al proponer explicaciones preliminares que después lleven a prueba mediante la experimentación.

En estas observaciones y hechos que no son solo datos aislados, más bien datos específicos, organizados y bien estructurados como lo habíamos mencionado sustentado en la teoría, en donde podrán observar cómo datos empíricos refutan o apoyan la teoría. Aquí juega un papel fundamental el proceso de estructuración que consiste en la organización sistemática de observaciones y hechos para construir un conocimiento sólido y comprensible, por medio de la teoría y la observación.

La formalización de la teoría por medio de la experimentación permite ampliar los datos obtenidos, profundizando en conceptos que facilitan su aplicación. Al observar cómo los experimentos describen fenómenos físicos, los estudiantes desarrollan un pensamiento crítico para resolver problemas en diversos contextos.

Entonces la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales no es solamente seguir indicaciones para hacer experimentos, sino más bien que los estudiantes puedan comprender las relaciones entre los fenómenos, de cómo están estructurados, por medio de la organización de las experiencias, y la formalización de la teoría y la formación desde una perspectiva fenomenológica, es decir a partir de lo que se puede percibir a través de los sentidos o instrumentos de medición, en donde la experimentación cumple un papel fundamental en la construcción de conocimiento científico de los estudiantes.

## **2.2. Energía y su contexto en la historia y la física**

La evolución del concepto de energía en la historia de la física fue un cambio fundamental para la comprensión de los fenómenos naturales. A comienzos del siglo XX, Wilhelm Ostwald fue uno de los defensores de la teoría energética, él sostenía que todos los fenómenos físicos podían explicarse como transformaciones de energía (Ostwald, 1910).

Ostwald (1910) argumenta que la energía es el principio unificador de la naturaleza, que puede explicar todo lo que ocurre en sistemas físicos, él vio a la energía como la base fundamental de todas las interacciones.

La palabra energía es utilizada de manera cotidiana por las personas en distintos contextos, en ocasiones con significados que varían según la situación. También solemos escuchar a nuestro alrededor referirse a la energía como la capacidad de realizar actividades físicas, como, por ejemplo, cuando uno se siente cansado se dice “le falta energía”, o cuando una persona tiene un buen rendimiento en alguna actividad, decimos que “tiene mucha energía”, lo relacionan para describir el estado físico de una persona. También es normal escuchar a nuestro alrededor relacionar la energía con una persona que esta alegre como “enérgica” mientras que alguien desanimado esta sin “energía”, lo que hace que se adapte a una variedad de situaciones.

En ese sentido, Salinas y Tovar (2020) hacen referencia que con solo mencionar la palabra “energía” se pueden dar explicaciones a diferentes situaciones planteadas desde la cotidianidad y también a diferentes fenómenos de la naturaleza, como por ejemplo, que la tempestad agita el mar o tronche los árboles, que los rayos del sol calienten nuestro cuerpo y hagan prosperar innumerables plantas o por la noche encender una lámpara para que iluminara nuestro trabajo (Ostwald, 1910) termina explicándose desde la relación que tienen estos fenómenos con la energía y resulta entonces importante preguntarse cómo desde la idea de energía se explican los fenómenos de la naturaleza.

Por lo tanto, para poder dar explicación a lo que sucede a nuestro alrededor, en la vida cotidiana, la energía es la única que puede permitirnos hablar de un fenómeno. En este sentido, es imposible encontrar un fenómeno natural que no esté vinculado a la energía de alguna manera. Todos los procesos que observamos, desde los movimientos de los cuerpos hasta las transformaciones químicas y los ciclos biológicos, están determinados por la interacción y transferencia de energía, lo que la convierte en un principio fundamental para entender la naturaleza.

Así, se le termina atribuyendo unas cualidades a la energía que dependen de acciones y en la naturaleza se producen varias alteraciones que se relacionan con acciones determinadas, por ejemplo, el viento que permite el funcionamiento de un molino, que una persona haga funcionar una licuadora por el movimiento de los pedales de su bicicleta, que se enciende un bombillo por los rayos del sol que inciden en un panel solar o algo tan cotidiano como el funcionamiento de un automóvil; todos estos fenómenos parecieran ser totalmente diferentes a primera vista pero cuando se pregunta ¿qué es lo que científicamente está sucediendo? la respuesta que se acostumbra a dar es que hay transformación de la energía y de esa energía en diferentes tipos (Cinética, potencial,

térmica, química, etc.) y parece ser que ningún proceso de la naturaleza puede llevarse a cabo sin la intervención de la energía. (Salinas y Tovar, 2020).

La energía es un término que se utiliza para dar cuenta de eso que hemos dado como la medida de cuanto un fenómeno es posible ser transformado en otra clase de fenómenos como la medida de esa transformación y entonces es por eso por lo que se puede decir que la altura de la caída se transforma en alcance horizontal o en la compresión del resorte o en movimiento de una hélice en un generador, la transformación que ahí se da es lo que estamos llamando energía y podemos medir. Inicialmente lo que estamos haciendo en este trabajo es poder decir cuánto lo que en altura llamaríamos energía potencial se puede transformar en movimiento que lo llamaríamos energía cinética o en la compresión del resorte o en potencial eléctrico.

Al intentar comprender los procesos de conversión de energía, suele hablarse de transformación de un tipo de energía de manera general, sin profundizar en los criterios específicos necesarios para afirmar que ha ocurrido una transformación. De esta manera la comprensión de la transformación de energía mecánica en eléctrica implica más que una simple descripción ya que es necesario el análisis detallado de los mecanismos físicos involucrados además de las variables que intervienen en el proceso. Esta capacidad de conversión de un fenómeno en otro es importante para dar explicación a la complejidad de los fenómenos que aún persisten las interrogantes sobre los mecanismos de acción que permiten comprender y optimizar los procesos.

Pero ¿Qué es lo que se entiende por transformación de la energía? porque como se ha mencionado la energía es un elemento esencial de todo lo que llamamos real y se suele afirmar que ésta no se crea ni se destruye, solo se transforma, pero ¿qué es lo que sucede en ese proceso de transformación? ¿cómo es que se da cuenta de cada tipo de energía? ¿Cómo sé que efectivamente se está transformando de un tipo de energía a otra? ¿Qué ocurre con los fenómenos involucrados? (Salinas y Tovar, 2020, p. 5)

Hay una idea que tenemos de que la energía solo se transforma, y pareciera que es muy fácil, para entender completamente este proceso hay que examinar los fenómenos de manera rigurosa. Esta idea es un principio fundamental en física que describe cómo la energía pasa de una forma a otra dentro de un sistema. Este proceso, aunque en apariencia simple, involucra una serie de fenómenos complejos que requieren un análisis detallado para comprenderlo en su totalidad. La idea de que la energía "solo se transforma" subestima la complejidad inherente de este proceso,

que está gobernado por leyes físicas que regulan el comportamiento de las distintas formas de energía.

La energía presenta variadas manifestaciones, partiendo de la energía asociada al movimiento (cinética) hasta la energía almacenada en los campos de fuerza (potencial). Las diferentes formas de energía se encuentran en interconexión y estas pueden transformarse en otras de acuerdo con el principio de conservación de la energía. En este se establece que la energía total de un sistema aislado permanece constante a lo largo del tiempo, aunque la distribución de energía entre sus diversas formas pueda variar. (Halliday et al, 2001)

La comprensión de la transformación de la energía requiere de un estudio teórico como práctico, en donde solamente la transferencia de energía no es suficiente para la asimilación del proceso. Por ende, es importante analizar cómo las características fundamentales de los sistemas se ven alteradas durante la transformación. Un ejemplo de esto es la caída libre de un objeto: en donde la energía potencial gravitatoria, inicialmente almacenada, se convierte en energía cinética a medida que el objeto acelera. Esta transformación, puede ser descrita con precisión mediante ecuaciones matemáticas, se confirma experimentalmente, y se puede obtener una visión más profunda de los principios que rigen el comportamiento de la energía en el mundo real. (Halliday et al, 2001)

Un análisis crítico de la transformación contempla la pérdida de energética en cualquier proceso, en donde la fricción, la resistencia y otros factores hacen que se transforme parte de la energía en otras como por ejemplo el calor. En un generador en donde la energía mecánica se transforma en energía eléctrica por el principio de inducción electromagnética, en donde se disipa el calor del rozamiento en partes móviles y así se reduce el rendimiento total del sistema. Este análisis refleja los principios de conservación y la transformación de la energía, destacando como se conserva en su totalidad, pero su forma y disponibilidad cambian, afectando la eficiencia de los procesos de conversión (Tipler y Mosca 2008).

Es importante analizar los procesos que permiten la conversión de la energía, así como los criterios que nos facilitan identificarla. En este sentido, hablar de la transformación de la energía es hablar del cambio de un tipo de energía a otro, sin que esta se pierda. Los fenómenos que se encuentran en nuestro entorno están en constante proceso de conversión, pero lo importante es comprender que es lo que está sucediendo durante este cambio, para explicar los fenómenos

observados, como cada tipo de energía llega a tener características particulares, y poder llegar a identificar cuando ocurre esa transformación.

Hablar sobre la convertibilidad de los fenómenos es importante determinar cómo observamos que un tipo de energía se ha convertido en otro. Entonces esto implica observar los efectos en los fenómenos involucrados, como el cambio de movimiento, para establecer criterios que nos permitan comprender el proceso de transformación.

### **2.3. Identificación de las variables**

Las variables físicas en el contexto de la enseñanza de la convertibilidad de los fenómenos y su conexión con la energía, es fundamental para analizar los elementos y teorías mencionadas. Las variables son lo que se puede manipular, observar el cambio, para que se pueda comprender la convertibilidad.

Los experimentos ilustran la convertibilidad de los fenómenos y así se puede llegar a comprender su conexión con la energía, los experimentos realizados fueron caída libre de los objetos, compresión de un resorte, y un plano inclinado con un generador para una mejor ilustración de la producción de energía a partir de un trabajo mecánico.

En este apartado voy a referirme rápidamente a las tres actividades experimentales que se van a escribir más en detalle en el capítulo 4. En la caída libre, la masa no influye en la velocidad con la que caen las esferas, ya que, según el principio de Galileo, todos los cuerpos, independientemente de su masa o material, caen con la misma velocidad. En la primera experiencia de la caída libre de esferas en un plano inclinado la única variable era la altura, y se pudo observar que las esferas caían más rápidamente desde mayores alturas. Pudimos observar con esta experiencia como la altura de donde se dejaron caer las esferas aumentaban su velocidad hacia el suelo. Aunque la masa no influye en la velocidad, si determina la cantidad total de la equivalencia que se obtiene durante la caída, el que influye en la velocidad final del objeto. La experiencia ayudó a comprender que la altura es una variable importante en la caída libre, ya que por medio de ello se puede determinar la cantidad de energía que obtiene el objeto al caer, al igual que la masa influye en la cantidad de energía potencial inicial, ya que a mayor masa mayor será esta energía, sin embargo, en la caída libre sin resistencia del aire, la masa no afecta la velocidad de caída o el tiempo en alcanzar el suelo.

En la segunda experiencia con el mismo plano inclinado, un resorte y esferas de diferentes masas, la masa juega un rol más evidente, por lo que la aceleración debido a la caída es más

constante para todos los cuerpos, la cantidad de equivalencia que la esfera transfiere al resorte depende tanto de la masa y la altura, ya que a mayor altura el resorte se comprime más, por lo que la altura determina la posición inicial. Por otro lado, la masa influye en la cantidad de la velocidad adquirida que se transfiere al resorte y en la compresión que experimenta, ambos factores interactúan en la experiencia, pero en diferentes etapas del proceso.

La tercera experiencia que realizamos fue con un plano inclinado y un circuito eléctrico, utilizamos el mismo plano inclinado, pero con un generador conectado a un bombillo y una turbina (ventilador), en donde se dejó caer varias esferas de vidrio con masas iguales. Las variables que influyen en este experimento es la altura, la velocidad de las esferas al impactar con las aspas, la eficiencia del generador para determinar la energía que se va a convertir en electricidad para que se prenda el bombillo. Esto implica tener en cuenta que la masa no influye en la velocidad de caída desde una misma altura, aunque influye en el movimiento al interactuar con las aspas del generador, por ende, la masa no es una variable que afecte directamente el resultado en términos de velocidad de caída, sino que al mantener constante la masa de las esferas se facilita el análisis de otras variables.

El estudio de la caída de los cuerpos y la compresión del resorte como fenómenos físicos precisa de una combinación entre la teoría y la experimentación, en donde proporciona un marco conceptual para interpretar los resultados de la experiencia, a su vez permite construir nuevos conocimientos. En la medición de las variables como por ejemplo la altura y la fuerza se ponen a prueba los principios fundamentales de la física, como la conservación de la energía y obtener de esta manera una comprensión de cómo se transforman las diferentes formas de energía.

#### **2.4. Formalización del fenómeno**

En la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente en la física, la formalización y comprensión de los fenómenos, en muchos casos se restringen a la memorización de definiciones y fórmulas, utilizando definiciones como indicadores de conocimiento. Este enfoque tiene como proceso evaluar los resultados científicos de los estudiantes del estudio de los fenómenos naturales, ya que presenta las ciencias como un conjunto de verdades que deben ser aplicadas sin cuestionamiento. Por otro lado, las actividades experimentales, al no estar ligados a la resolución

de problemas a través de algoritmos, se excluyen del proceso de formalización, a pesar de ser esenciales para el mismo (Ayala, 2008).

En la enseñanza de la física es muy común que se dé la conceptualización separada de la matematización, y por lo tanto, se proceda a ejemplificar sucesos mediante causas y ejemplos para conceptualizar, y posteriormente se adopte un modelo matemático para efectuar cálculos y operaciones que respondan a “la aplicación” de dichos conceptos en la solución de problemáticas o viceversa, “la aplicación” matemática a los conceptos físicos; el resultado de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales - UPN 36 esto termina en una falta de comprensión tanto del concepto físico como del modelo matemático, de tal forma que no se llega nunca a la elaboración de una visión del mundo físico, y se genera una distancia enorme entre la teoría y el campo fenoménico al que se refiere. (Ayala et al., 2008, p. 18)

El concepto de energía es una formalización en física que no proviene directamente del fenómeno en sí, más bien una construcción teórica para analizar y llegar a explicar las transformaciones en los sistemas físicos. La energía no es una propiedad tangible u observable en los fenómenos de manera rápida, es más bien una magnitud abstracta que permite describir como se realizan cambios en un sistema. Por lo tanto, ha sido desarrollada para facilitar la comprensión de procesos que involucran diferentes formas de energía, como la cinética y potencial.

En la caída libre de un objeto como en el caso de dejar caer las esferas desde una altura es posible aplicar las fórmulas de energía para describir el proceso. Inicialmente, al dejar caer las esferas, se calcula su energía potencial gravitacional,  $E_p = mgh$  justo antes de tocar el suelo, esta energía potencial se convierte en energía cinética calculada  $E_c = 1/2mv^2$  Este cálculo permite estudiar cómo la energía potencial del objeto se convierte en energía cinética durante la caída, mostrando así la relación entre la altura y la velocidad. ((Tipler y Mosca 2003))

Para este fenómeno, por ejemplo, la energía potencial gravitacional se formaliza como  $E_p = mgh$  donde  $m$  es la masa,  $g$  gravedad, y  $h$  la altura. A medida que la altura disminuye, ese valor proporcional disminuye en la misma medida. Es decir, cuanto menor sea la altura, menor será el valor asociado a ella, ya que ambos son directamente proporcionales. Durante este proceso, la gravedad actúa como una constante que influye en la forma en que el valor cambia, asegurando que la proporción entre la altura y el resultado correspondiente sea siempre la misma, al mismo tiempo, mientras el objeto cae, ganando velocidad. Esta relación se puede expresar así  $E_c =$

$1/2 mv^2$ , donde la masa ( $m$ ) sigue siendo una constante, pero la velocidad ( $v$ ) se eleva al cuadrado. Esto implica que cualquier incremento en la velocidad genera un aumento mucho más rápido en su valor asociado, si la velocidad del objeto aumenta de forma exponencial, lo que demuestra una convertibilidad entre la altura y la velocidad a lo largo del tiempo. (Tipler y Mosca 2003)

En este proceso es que, aunque la altura y la velocidad cambian de manera distinta, ambos están conectados por una relación de convertibilidad. A medida que la altura disminuye la velocidad de la esfera aumenta, manteniendo la equivalencia en el sistema. Este fenómeno no debe entenderse como dos procesos aislados, sino como un único proceso donde el cambio de un valor se traduce automáticamente en el cambio de otro. La masa actúa como un factor constante en esta relación. La constante de proporcionalidad que relaciona estos dos aspectos es la masa en el caso de la velocidad y la gravedad en el caso de la altura.

Este análisis es fundamental para comprender la convertibilidad de los fenómenos, ya que muestra cómo los cambios en una magnitud, la altura, generan una transformación equivalente en otra, la velocidad, lo que permite observar que el sistema se ajusta a lo largo del proceso. Así, la convertibilidad no solo nos ayuda a comprender la relación entre la altura y la velocidad, sino cómo estas magnitudes se transforman mutuamente, manteniendo una equivalencia en el sistema.

La formalización de teorías en la clase de ciencias naturales está vinculada a la actividad experimental, ya que esto permite estructurar el conocimiento y transmitir a los estudiantes una experiencia sensorial y lo conceptual se integran plenamente. Mediante la experimentación, los estudiantes pueden observar y analizar los fenómenos, lo que facilita su comprensión y la construcción de conceptos teóricos.

## **2.5. Delimitación de la actividad experimental**

La actividad experimental en la enseñanza de las ciencias ofrece a los estudiantes una experiencia práctica que complementa y facilita la comprensión de los conceptos teóricos, en este caso, la transformación de energía mecánica en eléctrica, mediante las experiencias realizadas, con el plano inclinado, el resorte y el generador, donde se puede analizar como la un objeto desde cierta altura se convierte en energía cinética durante la caída por el plano. Al impactar con la turbina, esta energía cinética es transformada en energía eléctrica a través de un generador.

Para estas experiencias contamos con recursos accesibles para poder implementarlos en la clase con los estudiantes, como la esfera de distintas masas, distintos materiales, generadores eléctricos de bajo voltaje y otros recursos básicos de medición como grameras o balanzas y voltímetro.

Las actividades experimentales se realizaron para comprender las actividades en cuyas situaciones las variables sean medibles y controlables, para poder analizar el comportamiento físico durante las transformaciones. Para estudiar las variables de la altura es la caída, la compresión del resorte y la eficiencia de la turbina para generar la electricidad; los resultados obtenidos a partir de la experiencia permitirán llegar a conclusiones que puedan ser utilizadas con los estudiantes en donde se pueda establecer las conexiones claras entre los modelos teóricos y los fenómenos observados en la experiencia realizada, a su vez permitirá diseñar actividades prácticas que motiven a los estudiantes a explorar y comprender los principios de la física de una manera más profunda.

En conclusión, formalizar un fenómeno implica hablarlo en un lenguaje matemático en donde podamos analizarlo, y manipularlo con precisión, lo que nos ayuda a resolver problemas y diseñar actividades experimentales. Por lo tanto, al formalizarlo podemos establecer relaciones entre las variables y emplear ecuaciones matemáticas para obtener resultados precisos

La experimentación brinda a los estudiantes la oportunidad de observar y poner en práctica lo que han aprendido, empleando materiales de fácil acceso y variables cuantificables, como la altura de la caída desde un plano inclinado, la compresión del resorte y los giros de una turbina. En este escenario, pueden observar cómo la energía mecánica se convierte en electricidad. Esto refuerza la relación entre la teoría y la práctica, permitiéndonos vincular conceptos teóricos con ejemplos reales.

## Capítulo 3

### 3.1 Transformación de la energía

La transformación de la energía es un principio esencial en la física y otras disciplinas científicas, que describen la energía como capaz de pasar de un estado a otro sin que se disipe en el proceso, basado en la ley de conservación de la energía. En donde este principio establece que la energía no se destruye solo se transforma de una forma a otra (Tipler y Mosca, 2008). En el ejemplo de la energía potencial gravitacional almacenada en un objeto cae y esta a su vez, puede transformarse en electricidad a través de un generador. La importancia de la transformación de la energía es debido a que puede explicar los fenómenos naturales, su eficiencia en la cantidad de energía útil que se conserva o se obtiene a partir de un proceso de transformación, en comparación con la cantidad total de energía involucrada.

### 3.2 Relación entre los fenómenos mecánicos y eléctricos

La convertibilidad de los fenómenos es lo que nos permite llegar a comprender de cómo diferentes formas de energía se transforman en otros y de cómo estas transformaciones son relevantes para el estudio de la naturaleza y la enseñanza de las ciencias. Este análisis se basa en literatura de Ostwald (1910) y otros teóricos que han investigado la relación entre la energía, y los fenómenos naturales y su enseñanza.

Cuando hablamos de convertibilidad nos estamos refiriendo de cómo llegar a hablar de un fenómeno en términos de otro. De acuerdo con Ostwald (1910), el análisis de la energía y su cambio es esencial para comprender los procesos naturales. Un caso ilustrativo es la energía eléctrica que se convierte en luz de una lámpara.

Por lo tanto, la convertibilidad no está enfocada a la energía en si misma si no en las maneras que pueden ser transformadas en otras formas mediante procesos específicos, lo que nos permite comprender cómo las diferentes manifestaciones energéticas están interrelacionadas y se convierte unas en otras respetando el principio de la conservación.

Examinar la relación entre fenómenos de diferentes naturalezas y construir condiciones que nos permiten comprender un fenómeno en términos de otro, que nos lleva a explorar la idea de la convertibilidad y así analizar las magnitudes físicas conectadas a esos fenómenos. Las contribuciones de Joule y Mayer al estudio de las transformaciones de los cuerpos son innegables.

Sus estudios establecieron los cimientos para entender las interrelaciones entre estos fenómenos y su expresión en nuestro ambiente (Ostwald, 1910).

Es importante comprender las primeras nociones de la historia y los experimentos realizados por Faraday cuyos aportes han proporcionado so acerca de la transformación de la energía eléctrica. En este contexto, el libro de Pearce, W. L. (1965), "Michael Faraday: A Biography," nos permite rastrear los primeros experimentos de Faraday y sus contribuciones al desarrollo de motores y generadores eléctricos (Malagón et al., 2013).

Desde un pedagógico lo que se propone es analizar la actividad experimental en la relación con las experiencias que los estudiantes tienen al abordar fenómenos mecánicos y eléctricos. Este análisis facilita el aprendizaje en el aula, basado en posturas fenomenológicas que subrayan la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias: Un sentido para la enseñanza de las ciencias (Malagón et al., 2013) aportan valiosas ideas para la enseñanza de las ciencias. Sus investigaciones sobre a descripción de los fenómenos y la relación entre diferentes formas de energía, basadas en experimentos históricos, ofrecen un marco conceptual sólido para desarrollar actividades de aprendizaje significativas en el aula.

El estudio sobre la convertibilidad nos lleva a reflexionar sobre el principio de la causalidad. Según Joule, poner un cuerpo en movimiento nos permite hablar de una "Fuerza viva" o energía que se puede transferir de un cuerpo a otro. Existen varias maneras de expresar esta fuerza viva, siendo las más comunes el uso de la fuerza de gravedad y la de deformación en un resorte, como lo indican (Romero et al., 2017).

El principio de la causalidad se refiere a la idea de que todo evento o fenómeno donde la uno en este caso la causa empieza y se produce al otro que es el efecto donde este sería el vínculo necesario y exacto en un tiempo determinado. En relación con el estudio de la convertibilidad, este principio implica que los fenómenos energéticos como el movimiento del cuerpo no ocurren de manera aleatoria, sino que tiene una causa específica que le permite la transformación de una forma de energía a otra. Cuando se menciona que poner un cuerpo en movimiento implica hablar de energía, lo que está sugiriendo es que un fenómeno como el viento no ocurre por si solo. Necesita una causa que lo genere, como una fuerza externa, debe existir una causa que lo origine, y este principio es el que permite vincular la causa con el efecto.

La relación entre los fenómenos mecánicos y eléctricos es fundamental en la física, en donde ambos fenómenos están involucrados a través de esta energía. Por medio de esta conexión

aparecen varios procesos y mecanismos que se convierten en energía mecánica y eléctrica o viceversa. Podemos hablar de este ejemplo que es el funcionamiento de los generadores eléctricos, un generador convierte energía mecánica, normalmente proveniente de la rotación de un eje, en energía eléctrica, a través de las investigaciones del principio de la inducción electromagnética descubierto por Michael Faraday en 1831. En donde el desarrollo, el movimiento mecánico de un conductor en un campo magnético, induce una corriente eléctrica, mostrando como la energía mecánica puede transformarse en energía eléctrica.

### **3.3 Transformación de energía mecánica a eléctrica (explicar qué pasa internamente en el circuito para que se transforme la energía mecánica a eléctrica)**

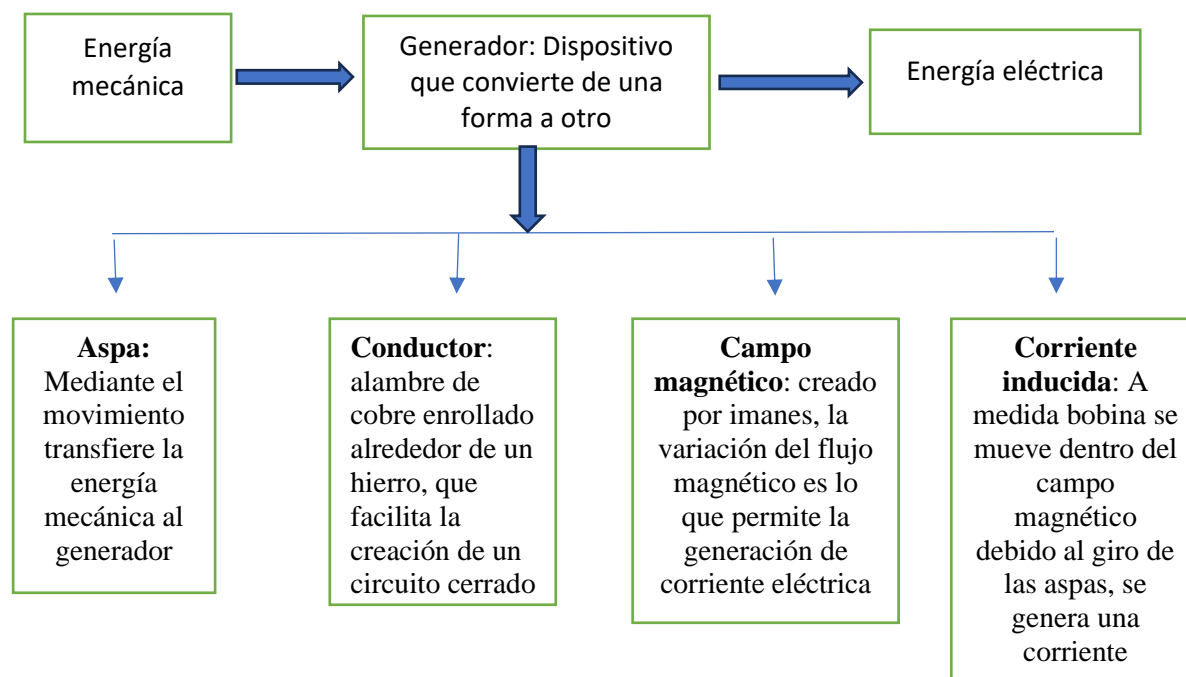
Los motores eléctricos se basan en los principios electromagnéticos y específicamente en la ley de inducción de Faraday para su funcionamiento. En términos reduccionistas, la ley de inducción de Faraday se puede definir como el proceso por el cual se induce una corriente por medio de cambios en el campo magnético.

Alfonso y Cárdenas (2015, p.32, citado por Salinas y Tovar, 2020) Por otro lado destacar la contribución de Michael Faraday fue poder generar un voltaje “inducido” debido al movimiento entre un conductor de electricidad y un campo magnético sin contacto físico entre ellos, como demostró en sus experimentos. Dicho voltaje inducido puede aumentar ya sea incrementando la intensidad del campo magnético o disminuyendo el tiempo durante el cual se producen los cambios de enlace del flujo, es decir, cualquier aumento de velocidad en el movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético produce un aumento en el voltaje inducido y esta proporcionalidad entre el voltaje y la intensidad del campo es lo que desde la convertibilidad se plantea como “el análisis de las magnitudes que caracterizan a cada uno de los fenómenos”. Aquí la energía aparece de manera implícita en el proceso de generación de un voltaje inducido, que es una forma de energía eléctrica, la ley de inducción electromagnética explica que el movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético transforme el movimiento en energía eléctrica, siendo ejemplo de la convertibilidad entre dos tipos de energía.

Internamente un generador está compuesto por un conductor, como la bobina de alambre de cobre, enrolladas alrededor de un núcleo magnético. Dentro del generador también incluye un campo magnético producido por imanes permanentes. Cuando las aspas del ventilador se dan la

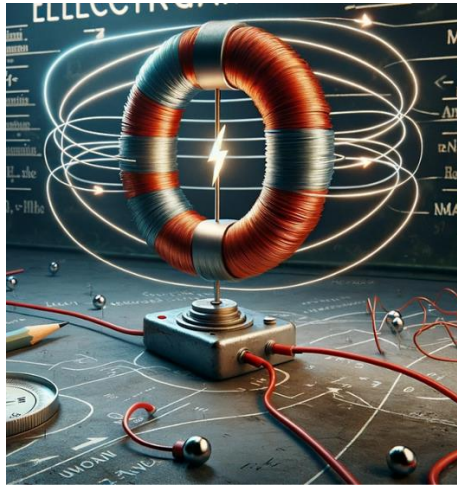
vuelta, hacen que el conductor se mueva dentro del campo magnético. Según la ley de Faraday, cuando un conductor se mueve dentro de un campo magnético variable, se induce una corriente eléctrica en el conductor, este fenómeno es la base de la generación de la energía eléctrica.

Cuando va girando el conductor, como una bobina de alambre, gira dentro de un campo magnético, se genera una corriente alterna que fluye a través de los cables conectados al generador. Para ilustrar esta explicación se presenta un esquema visual de los elementos que participan en este proceso.



**Fuente: Elaboración propia**

Para ello recurrimos a un generador simple de corriente alterna, esta corriente puede alimentar dispositivos eléctricos como un bombillo como el que utilizamos en la experiencia realizada. En este caso la energía cinética de las esferas, al mover las espas que están conectadas al generador, se transforma en una corriente eléctrica capaz de encender un bombillo de baja potencia, la cantidad de energía producida depende de estas variables como la velocidad de rotación de las espas, del generador y del plano inclinado en este caso.



Recuperado de: <https://www.aspirethinking.com/post/a-level-physics-a-quick-recap-on-electromagnetism>

**Imagen 1.** Cuando va girando el conductor, como una bobina de alambre, gira dentro de un campo magnético, se genera una corriente alterna que fluye a través de los cables conectados al generador.

Durante este proceso, no toda la energía mecánica se convierte en energía eléctrica, debido a pérdidas ocasionadas por la generación fricción y la generación de calor dentro del sistema. Por otro lado, un generador eficiente maximiza la cantidad de energía eléctrica producida a partir de la energía mecánica. Este tipo de transformación es importante en instalaciones como las plantas hidroeléctricas, donde la energía mecánica del agua en movimiento se convierte en energía eléctrica.

### **3.4 Relación entre las variables asociadas a sistemas mecánicos y eléctricos en los procesos de transformación**

La transformación de energía mecánica en energía eléctrica depende de diversas variables. En el caso de la energía mecánica, estas variables incluyen la velocidad de rotación y la fuerza aplicada, además de las propiedades, como la masa, que caracterizan la capacidad de los objetos para generar movimiento. En cuanto a la energía eléctrica, las variables principales son el voltaje inducido y la intensidad de la corriente.

En un generador, el proceso se inicia cuando un conductor, en el que una bobina de alambre se desplaza dentro de un campo magnético producido por imanes permanentes. Según la ley de Faraday, al rotar dentro del campo magnético, se produce una corriente eléctrica. Este movimiento mecánico transforma el flujo magnético, lo que genera voltaje en el conductor (Aldana, 2019).

En cuanto la corriente alterna, es una clase de corriente eléctrica donde el flujo de carga varía de forma regular, fluye por los cables vinculados al terminal del generador, y esta energía puede ser empleada para alimentar aparatos eléctricos. En este procedimiento, la energía cinética producida por el movimiento (como la rotación de aspas o turbinas) se transforma en energía eléctrica, manifestándose a través del voltaje y la corriente en el circuito. (Aldana, 2019)

Es importante destacar que no toda la energía mecánica se transforma en energía eléctrica. Parte de la energía se pierde en forma de calor debido a la fricción y otras ineficiencias del sistema. Sin embargo, los generadores más eficientes logran maximizar la cantidad de energía eléctrica producida a partir de la energía mecánica. Este principio es fundamental en sistemas como las plantas hidroeléctricas, donde el movimiento se utiliza para girar las turbinas conectadas a generadores.

La relación entre variables mecánicas, como la velocidad de rotación, y variables eléctricas, como el voltaje y la corriente muestran un vínculo entre la energía mecánica y la energía eléctrica, en donde este fenómeno evidencia cómo el movimiento puede transformarse en electricidad a través de principios fundamentales de la física.

## Capítulo 4

En este apartado se presentan el análisis de las tres actividades experimentales realizadas: plano inclinado y la caída de los cuerpos; plano inclinado y resorte; y plano inclinado y circuito eléctrico. El objetivo de estos experimentos es dar cuenta acerca de la convertibilidad de los fenómenos a través de las relaciones de diferentes variables y magnitudes que interactúan en los mismos.

### 4.1. Plano inclinado y caída de los cuerpos

En este experimento, se pretende explorar acerca de la relación entre la altura, la masa y la distancia horizontal alcanzada. Este tipo de actividades permite el análisis de cómo las características de los cuerpos afectan su comportamiento y cómo los cambios en una magnitud pueden provocar modificaciones en otras. Dicho análisis permite una comprensión práctica de los principios de la convertibilidad de los fenómenos.

#### 4.1.1. Caída de los cuerpos

El estudio de la caída de los cuerpos aporta al análisis de conversión o transformación de diferentes clases de movimiento que configuran sistemas mecánicos en la física, al trabajar con variables como la velocidad y la posición, en lugar de centrarnos en propiedades como la extensión de los cuerpos o masa, podemos llegar a comprender mejor los conceptos relacionados con el desplazamiento. El ejemplo histórico que ilustra esto es el de los experimentos de Galileo con el plano inclinado en donde demuestra que, en ausencia de otras fuerzas como la resistencia del aire, todos los cuerpos, independientemente de su masa caen con la misma aceleración.

Galileo llegó a resolver el problema de la caída de los cuerpos descomponiendo formalmente el fenómeno que se trataba de dilucidar en sus diferentes partes, y rehaciendo después su síntesis. Partió del hecho de que los movimientos celestes, los cuales no estaban perturbados por alguna acción externa, conservaban su velocidad por tiempo ilimitado. Este hecho condujo a pensar que cuando cae libremente, la velocidad que ha adquirido se conserva y se suma a las nuevas velocidades que va adquiriendo. Partió del hecho de que los movimientos celestes, por nada turbados conservan su velocidad por tiempo ilimitado. Este hecho condujo a admitir que cuando un cuerpo cae libremente, la velocidad que ha adquirido se conserva y se suma a las nuevas velocidades que adquiere (Ostwald, W., 1910).

En el caso de la caída libre, un objeto comienza a moverse bajo la influencia de la gravedad que lo dirige hasta el suelo. A medida que el objeto cae, su velocidad aumenta debido a la aceleración gravitacional, en donde implica que su velocidad en cada punto de la trayectoria no es constante, sino que va cambiando. Esto llevó a concluir que la velocidad del objeto en caída libre varía continuamente. Inicialmente, se dedujo que este aumento en la velocidad se mantenía constante en el tiempo.

Al observar esta variación se propuso que la variación se mantenía linealmente, debía haber una relación constante que explicara este cambio de velocidad, esto permitió deducir que la fuerza que atrae a los cuerpos hacia el suelo es independiente tanto de la altura desde la que se deja caer el objeto como de su velocidad inicial. Así, se reconoce que esta constante está vinculada con el movimiento característico de los cuerpos que caen bajo la influencia de la gravedad, describiendo un proceso de caída que ocurre de manera uniforme sin depender de las condiciones iniciales por la cual se debe de considerar que tal acción que hace que los cuerpos se dirijan al suelo es independiente de la altura o la velocidad inicial que le demos a ese cuerpo por lo que debemos considerar que la acción evidencia que un cuerpo va cayendo hacia el suelo, independientemente de la altura o el movimiento que este ejerza, dicha constante tenía que estar relacionada con el movimiento en el que caen los cuerpos.

En el paradigma Aristotélico, se creía que los cuerpos más masivos caían más rápido que los de menor masa donde se planteaba que los cuerpos más masivos caían a una mayor velocidad, sin embargo. Galileo planteó una contradicción al considerar que el objeto dependía de ciertas condiciones. Propuso que, si dos cuerpos se dejaban caer juntos, formando un único objeto, su velocidad de caída no sería necesariamente mayor que la de cada cuerpo cayendo por separado. Según su razonamiento, la velocidad de caída conjunta no superaría la velocidad del cuerpo más masivo cayendo solo, lo cual contradecía la idea de que la masa influía directamente en la velocidad de caída. (Perilla, 2005)

Según la idea presentada sobre la caída de los cuerpos y el medio en su comportamiento está relacionada con la convertibilidad de los fenómenos, ya que permite observar cómo un fenómeno, en este caso el movimiento de la caída, está influenciado y modificado por factores externos, como la resistencia del aire, lo que altera la velocidad de los cuerpos. Galileo nos hace comprender que, en condiciones ideales, en el vacío en este caso todos los cuerpos caen a la misma velocidad, sin que influya la masa, lo que nos muestra una conversión entre la altura que caen y la

velocidad adquirida. Pero en nuestro entorno en la cual tenemos un medio como el aire. Este fenómeno se transforma, la resistencia del aire afecta la velocidad de los cuerpos según sus características, entonces pudimos comprender que los fenómenos no se comportan de manera aislada, sino que interactúan, y se convierten dependiendo en las condiciones que se encuentren.

Entonces, con la idea de la convertibilidad de los fenómenos, esta situación nos muestra cómo la velocidad puede cambiar según el medio en el que se encuentre, y que la masa permanece constante al igual que la gravedad. En este análisis se puede comprender como diferentes tipos de fenómenos se interrelacionan bajo distintas condiciones. Al variar las condiciones iniciales y el entorno, como la altura o la presencia del aire, nos permite observar cómo se muestra los cambios de los fenómenos involucrados.

Entonces se comprende lo que dice Ostwald (1910), que, aunque dos cuerpos de masas diferentes experimentan fuerzas gravitatorias distintas al dejarlas caer, estas fuerzas también actúan proporcionalmente sobre masas, esto permite que ambos cuerpos alcancen la misma velocidad al caer, que no depende de la masa si estas son iguales. Donde se podría deducir que la masa del cuerpo es equivalente a la fuerza neta y como consecuencia al asumir que estas dos masas son equivalentes, entonces la acción gravitacional será equivalente a la masa.

La importancia de estudiar estos conceptos, acudiendo a la realización de experimentos sugeridos por Galileo, para comprender la relación entre la masa y la velocidad durante la caída de los cuerpos, se hace énfasis a la representación de estos experimentos para ilustrar estos principios en un contexto educativo. Donde a continuación se realiza la primera actividad experimental de la caída de los cuerpos en un plano inclinado. (Ostwald 1910)

		Altura (cm)							
Cuerpo	Masa (g)	h=6	h=9	h=11	h=15	h=19	h=22	h=25	h=27
Esfera 01 (Cristal blanco)	5,5	26	34	41	48	56,5	59	65	69
Esfera 02 (Metálica)	16	22	34	40	48	54,5	59	62,5	68
Esfera 03	0,6	25	33	41	42	46,5	52,5	56,5	59,5

(Madera)									
Esfera 04 (Cristal)	5,6	29	34	40	48	56	61,5	65	69,5
Esfera 05 (Metal)	138,8	28	39	47	54,5	61,5	67	70,5	74
Esfera 06 (Metal)	28,1	26	34	42	50	53	63	66	63,5
Esfera 07 (Metal)	44,5	26	34,6	45	52	57	65	68	7,5
Esfera 08 (Metal)	7,2	26,5	35,5	43,5	53	55	65	69	73
Esfera 09 (Cristal rugosa)	18,9	27	37	45	54	59	64	68	74,5
Esfera 10 (Plástico)	7,3	26,6	36	46	50	57	63	68,5	75,5

Tabla 1. Alcance y altura de caída de esferas de distintos materiales y masas.

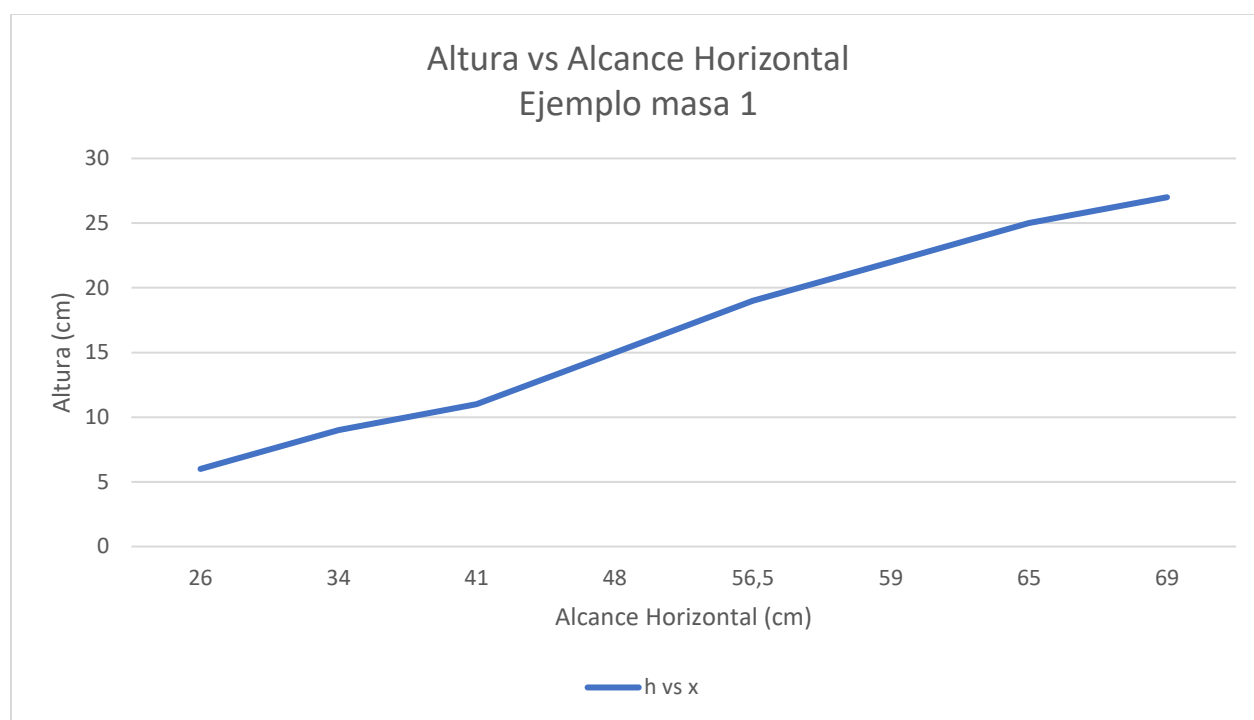
Para realizar la experiencia se utilizaron los siguientes materiales: Plano inclinado, gramera esferas de diferentes pesos y diferentes materiales (cristal blanco, metálica, madera, cristal rugoso, plástico) papel carbón, papel bond, flexómetro. Primeramente, se colocó el plano inclinado sobre la mesa, en la orilla específicamente, colocando el papel carbón en dirección de esta, pero en el suelo, luego se pesaron todas las esferas con la gramera, anotando las masas correspondientes, se procedió a medir la altura del plano inclinado, marcando diferentes alturas en el plano inclinado de donde se dejarán caer las esferas. lo largo del recorrido en todo el del plano.

Se dejaron caer todas las esferas desde una misma altura, repitiendo el mismo procedimiento desde las distintas alturas marcadas. En el papel carbón iba quedando marcada el primer impacto del alcance horizontal de las esferas, siendo medida con el flexómetro. El objetivo es entender cómo la altura desde la que se deja caer la esfera afecta el alcance horizontal después de rodar por el plano inclinado.

La gráfica 1 presenta los datos obtenidos de los experimentos. Cada fila corresponde a una esfera diferente, masas diferentes y las distancias alcanzadas.

De acuerdo con los datos recolectados podemos evidenciar una relación entre la altura y la distancia horizontal, lo que podemos notar, por ejemplo, en la masa 1 en una  $h$  (altura) de 6 cm, y consigue un alcance horizontal de 26 cm. Si comparamos la mayoría de las masas tienen a una aproximación de alcance de  $26 \pm 0.1 \text{ cm}$ . Ahora si notamos que en las alturas que van aumentando, también podemos notar un aumento de los alcances, por lo que podemos concluir la siguiente relación:

$$h \propto x \quad (1)$$



**Gráfico 1.** Altura vs alcance horizontal de la masa 1.

Las esferas pueden distinguirse en dos cualidades, la masa, y el material por la cual está hecha, en donde durante la experiencia afectan su comportamiento, en este caso las esferas que son diferentes materiales tienen diferentes densidades, y propiedades de fricción lo cual también están presentes en las esferas al desplazarse por el plano y por lo tanto en la distancia horizontal, la masa juega un papel importante ya que en la actividad experimental el medio donde se encuentran las esferas puede afectar la velocidad, en la experiencia realizada afectó el alcance horizontal, dependiendo también de la altura desde donde se dejaban caer las esferas.

En esta actividad experimental observamos como una característica inicial la altura, desde la cual se dejan caer esferas y la distancia horizontal que recorren. Esto muestra que el aumento en la altura inicial se traduce a un mayor alcance horizontal y el resultado es observable. La convertibilidad, en este caso permite establecer equivalencias entre magnitudes como un cambio inicial como la altura puede influir en el comportamiento de un sistema, y se expresa a través del movimiento, ayudándonos a comprender la relación entre diferentes fenómenos.

Para comprender mejor el problema de la convertibilidad en la experiencia realizada, es necesario llegar a explicar cómo una variable se relaciona con otra y cómo pueden establecer equivalencias entre ellas, permitiendo medir los cambios. En este caso, la convertibilidad se evidencia al observar como una variable inicial, como la altura desde la cual se dejan caer las esferas, está relacionada con otra variable observable, que es la distancia horizontal alcanzada. En donde pudimos establecer conexiones entre los cambios en el sistema y con resultados medibles.

La masa no influye en la velocidad que adquiere el cuerpo, es decir, porque en las mediciones se utilizaron diferentes esferas con diferentes masas en todas las mediciones. Esto nos permite analizar cómo una variable en este caso la altura influye en otra que es el alcance horizontal, el efecto de la masa.

Según Mayer sólo la experiencia puede proporcionar información relevante sobre un sistema o fenómeno (Malagón F. Ayala M. Romero A. Pág. 4) Al medir los cambios en el sistema, se observa que al variar la altura desde la cual se deja caer la esfera, como 6cm, 9cm y 15cm, el alcance horizontal también cambia de manera proporcional. Esto demuestra cómo la altura se convierte en un cambio observable en la distancia horizontal, lo que permite analizar la convertibilidad de las magnitudes involucradas. Por ejemplo, con la altura de 6cm, la esfera 01 alcanza una distancia horizontal de 26cm. Si se busca duplicar este valor, es decir alcanzar 52 cm, es necesario aumentar la altura. Al aumentar la altura a 15 cm, el alcance horizontal registrado ese aproximadamente 41cm. Aunque no se duplica exactamente, se observa una relación clara. Al aumentar la altura, el alcance horizontal también aumenta de manera considerable, este comportamiento evidencia cómo las variaciones en una magnitud inicial que es la altura afectan directamente otra magnitud observable que es el alcance horizontal, estableciendo una relación de proporcional aproximada.

En la altura de 9 cm en la esfera 01, su altura inicial es de 15cm, y que tiene un alcance de 34cm, para que sea el doble, que sería 68 cm, en donde podemos observar con una altura de 27

cm, el alcance llega a 69 cm. Entonces con el aumento de la altura obtenemos un aumento significativo en la distancia.

En la altura de 15 cm su altura inicial es de 48 cm, para que sea el doble y alcanzar 96 cm, también se necesita un incremento considerable de la altura, aunque en el cuadro no se observa datos que lleguen a ese valor. Entonces podemos observar un aumento en la altura que se genera en un incremento proporcional en la distancia horizontal alcanzada.

Aquí, la convertibilidad se observa cómo el aumento de la altura inicial resulta en un mayor alcance horizontal de las esferas. Los datos demuestran que la altura influye en el comportamiento de la esfera al salir del plano inclinado. Al duplicar la altura, la distancia obtenida también se incrementa, no precisamente al doble, pero sí de manera proporcional. Esto facilita la identificación de una relación entre ambas variables. A pesar de que las esferas posean distintas masas, no se notan variaciones en la velocidad, lo que sugiere un estudio adicional acerca del papel de la masa en este tipo de movimiento.

El experimento con el plano inclinado y la caída de cuerpos nos brinda la oportunidad de estudiar de manera significativa la transformación de la energía y cómo se evidencia la convertibilidad de los fenómenos mecánicos bajo condiciones reguladas. Esto detalla cómo distintos elementos, como la altura de caída y la masa de los cuerpos, interactúan y cómo estos elementos pueden provocar alteraciones perceptibles en otras magnitudes físicas, como la distancia horizontal que se ha logrado. Mediante este tipo de actividad se puede, apreciar que las variables empleadas no funcionan de manera individual, sino que se transforman entre sí bajo diferentes condiciones iniciales.

En este contexto, la convertibilidad de los fenómenos hace referencia a la manera en que las magnitudes implicadas en el movimiento de caída de los cuerpos se modifican mutuamente, simplificando la comprensión de cómo la energía se transforma de un estado a otro. En este experimento, se puede examinar el fenómeno mecánico de la caída libre de los cuerpos bajo el enfoque de las transformaciones de energía potencial y cinética.

Al colocar las esferas en un plano inclinado, se almacena la energía potencial gracias a su altura. La energía potencial de cada esfera está directamente relacionada con su altura desde la que desciende, que es la primera variable que se controla en el experimento. Esta energía alcanza su máximo nivel en el punto más elevado y es directamente proporcional a la altura desde la que se deja caer.

A medida que cae la esfera, la energía potencial gravitatoria se convierte en energía cinética, la esfera aumenta su velocidad a medida que desciende, debido que la gravedad proporciona una aceleración constante. La energía cinética, que es proporcional al cuadrado de la velocidad es el tipo de energía que posee la esfera tiene en el momento de impactar con el plano.

La energía cinética se transforma también en energía mecánica en el plano inclinado. A medida que la esfera rueda sobre el plano, parte de la energía cinética se convierte en trabajo que facilita el desplazamiento horizontal de la esfera. La distancia recorrida depende en gran medida de la altura desde la que la esfera fue liberada, lo que evidencia una relación entre las dos magnitudes.

El análisis de la masa de las esferas también es importante para entender cómo se convierte la energía. Aunque se ha demostrado que la masa no afecta la aceleración de la caída en un entorno ideal (como el vacío), la masa sí tiene una relación directa con la cantidad.

Las equivalencias se establecen al observar que un aumento de altura puede producir un aumento en la distancia horizontal alcanzada, podemos decir que hay una relación entre estas dos variables mencionadas. Esta equivalencia permite comprender que, al incrementar la altura inicial, va a producir un mayor alcance en el movimiento de las esferas y así poder llegar a cuantificar su efecto. Donde la distancia horizontal alcanzada está relacionada con la velocidad con la que la esfera sale expedida del plano. En el experimento no se midió la velocidad al salir del plano, la distancia alcanzada se puede considerar una medida indirecta de la velocidad al salir del plano inclinado. Así podemos decir que existe una equivalencia entre la altura inicial, lo cual determina la velocidad al salir del plano, y la distancia alcanzada.

Cuando dejamos caer esferas desde diferentes alturas, la gravedad se mantiene constante, en cualquier altura, la gravedad sigue siendo la misma, como también las masas de las esferas. Por lo que varía es la altura desde la cual se dejan caer las esferas, esto significa que la cantidad de energía potencial gravitatoria de un objeto está determinada por su masa, la gravedad y la altura, entonces podemos decir que cuanto mayor sea la masa de un objeto y mayor la altura desde la que se deja caer, mayor será la energía potencial disponible para ser transformada en otras formas de energía como la cinética.. Al soltar las esferas desde diferentes alturas, la gravedad y las masas de las esferas permanecen constantes, lo único que varía es la altura desde la cual se dejan caer. Cuya altura inicial define la energía potencial que se convertirá en energía cinética conforme las esferas

caen. Así, la energía de posición se transforma en movimiento, aumentando la velocidad de las esferas a medida que descienden. Es importante señalar que, aunque las masas de las esferas sean iguales, la diferencia en altura influye en la energía potencial inicial, por tanto, en la velocidad y el comportamiento del objeto al suelo.

Según Galileo, también llegó a postular que existe una acción que permite mantener constante la aceleración de caída de los cuerpos, y de lo que podemos inferir en su experimento mental, en el vacío está constante prevalecería independientemente del cuerpo y su masa. El movimiento de un objeto en caída libre es constante y no depende de la masa. Esto significa que, aunque la fuerza de gravedad es diferente para objetos con diferentes masas, el movimiento (cambio de velocidad) que experimentan es la misma. (Oswald 1910)

Este montaje experimental se realizó para simular el funcionamiento de una hidroeléctrica, donde el agua está en una represa elevada, en el experimento, las esferas tienen energía potencial por la altura, y que al dejarlas caer se transforman en energía cinética, igual al movimiento de las turbinas en una hidroeléctrica. Esto nos permite estudiar cómo diferentes formas de energía pueden transformarse distintos fenómenos, aunque sean de naturalezas diferentes, a través de magnitudes cuantificables que permiten comprender y formalizar los procesos de transformación.

<b>Esferas cayendo desde una altura de 19cm</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Alcance (cm)</b>
1-Cristal blanco	5,5	56,5
2-Metálica	16	54,5
3-Madera	0,6	46,5
4-Cristal	5,6	56
5-Metal	138,8	61,1
6-Metal	28,1	53
7-Metal	44,5	57
8-Metal	7,2	55

9-Cristal rugosa	18,9	59
10-Plástico	7,3	57

**Tabla 1.** Alcance horizontal de diferentes esferas desde una altura de 19 cm con distintas masas y materiales

En la tabla 2 observamos los resultados, que el promedio de alcance de las esferas después de salir del plano inclinado a una altura de 19 cm se encuentra en 55,6 cm, donde la esfera 3 de madera tiene un menor alcance en comparación con la esfera 5 que es de metal, debido a esta tiene mayor alcance. La esfera 9 de cristal rugosa con menor peso que la esfera de metal 5.

Después de realizar la experiencia en donde se dejaron caer esferas de diferentes masas y materiales en un plano inclinado, primero desde una misma altura y luego desde diferentes alturas, se pueden llegar a las siguientes conclusiones: Las esferas alcanzan diferentes distancias horizontales al llegar al final del plano inclinado según la altura desde la que se soltaron. A mayor altura inicial, mayor es la distancia horizontal recorrida ya que las esferas ganan más velocidad debido a que tienen un mayor recorrido. Como las esferas con diferentes masas y materiales mostraron variaciones en la distancia alcanzada en el primer impacto con el suelo, lo que sugiere que características como la masa y la fricción influyen en su comportamiento durante el desplazamiento.

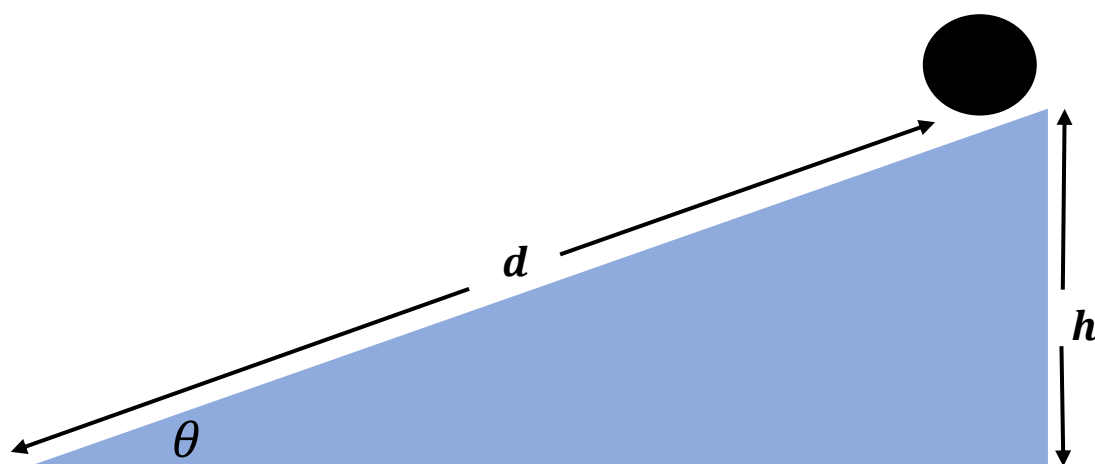
Sería útil investigar cómo otras variables, como el ángulo del plano inclinado o la superficie del plano y las esferas, afectan los resultados. Replicar el experimento en diferentes condiciones podría ayudar a consolidar estos hallazgos.

En la figura 2 encontramos estas variables la altura, y la distancia horizontal después de dejar caer las esferas desde la altura 19 cm, estas variables se relacionan entre sí, y nos permiten analizar como fenómenos de distintas naturalezas influyen y es recíproco. El material de las esferas determina propiedades como la densidad como ya lo habíamos mencionado, que afectan el comportamiento de las esferas. La distancia recorrida por las esferas después de salir del plano inclinado depende de la altura de la cual se dejaron caer las esferas como las y de las propiedades que caracterizan el material.

Por lo tanto, la altura de donde se dejaron caer las esferas afecta significativamente la distancia horizontal alcanzada, y que, al aumentar la altura, la esfera tiene más distancia para ganar velocidad, lo cual le permite un mayor alcance horizontal. En la experiencia, los valores de la

cantidad de masa las propiedades de la masa como la inercia, que, a mayor masa, más difícil es el movimiento o frenar el objeto, la gravedad, que independientemente de su masa, caigan a la misma velocidad en ausencia de la resistencia, y la fricción que no es una propiedad inherente de la masa, en donde diferentes materiales pueden generar distintas resistencias por la fricción lo que afecta también la distancia horizontal alcanzada. Influyen en como cada esfera se comporta a las condiciones iniciales del experimento, aquí la altura es determinante, pero las propiedades de las diferentes esferas tienen diferentes resultados por lo tal. La diferencia en las distancias alcanzadas existe diferentes factores relacionados, como el movimiento de los objetos y que el resultado varía, entonces podemos decir que también es importante controlar estas variables.

Recordando las ideas iniciales de Galileo, es importante resaltar la expresión cinemática del sistema, por lo que en nuestro sistema inicial tenemos el plano inclinado y las esferas de diferentes materiales, así que debemos considerar las 2 distancias señaladas a lo largo del trabajo, en donde por convención debemos tener en cuenta que la distancia del plano tendrá 2 recorridos, horizontal y verticalmente, como se ilustra en la siguiente imagen 2:



**Imagen 2.** Momento 1. Elaboración propia.

Como se ilustra anteriormente en la imagen, en el primer momento “h” representa la altura y del recorrido en el plano inclinado. Nos falta considerar la distancia horizontal la cual denominaremos como “x”. Es importante recurrir a la formulación derivado del trabajo de Galileo para determinar el comportamiento de nuestro experimento e ilustrar de una mejor forma los datos y las teorías que rigen estas experiencias. Partamos de la componente vertical de movimiento, para este caso debemos tener en cuenta que existe una constante que nos permite notar magnitudes variables como la distancia de recorrido y la velocidad. Lo que Galileo llegó a considerar como la

aceleración en un sistema donde la resistencia del medio sea despreciable. Y generalmente se representa de la siguiente forma:

$$h = h_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

Los científicos a lo largo del tiempo derivaron la expresión anterior de los principales trabajos y experimentos de Galileo, donde  $h_0$  es una altura inicial,  $v_0$  la velocidad inicial del cuerpo,  $t$  el tiempo, y  $g$  la aceleración gravitacional. Algo interesante es que de acuerdo con dicha formulación y contrastada con datos recolectados experimentalmente podemos evidenciar que, en un sistema totalmente ideal, se cumple las teorías fundamentales de la cinemática de la caída de los cuerpos, como lo es la no dependencia de la masa de los cuerpos. También debemos tener en cuenta, que, aunque en esta expresión la aceleración sea la conocida aceleración gravitacional que hoy conocemos con un valor de  $9.8 \text{ m/s}^2$ . Nos ayuda a analizar estos cambios. Esta ecuación muestra que, en un escenario ideal, la forma en que caen los objetos no depende de su masa, lo que significa que dos esferas de diferentes pesos caerán a la misma velocidad si se dejan caer desde la misma altura. Experimentales. Galileo solo formulo la hipótesis de que dicha constante se determina por la acción de caída que se observaba de los cuerpos independientemente de su masa. Fue casi a mediados del siglo XVI que el físico y astrónomo italiano Giovanni Battista Riccioli llevando a cabo un experimento con bolas de plomo desde la Torre Asinelli, lograron medir y determinar el primer valor aproximado de la aceleración gravitacional la cual coincide con la conocida actualmente.

Galileo llego a considerar el análisis del plano inclinado como un sistema que se relacionaba teóricamente con sus observaciones del movimiento pendular, en donde la velocidad para llegar al punto más bajo de su trayectoria dependía de la altura la cual era soltado el péndulo (Planetario Bogotá. Pág. 5) Además Galileo genero la siguiente hipótesis, que complementa la deducción de la ecuación 2 que los científicos postularon a lo largo de los años, “la distancia es en realidad proporcional al cuadrado del tiempo. En el doble de tiempo, la bola llega cuatro veces más lejos. Su motivo es porque constantemente es acelerado por una acción que es ejercida hacia los cuerpos”.

Para la componente horizontal los científicos derivaron un tipo de movimiento bastante común en las clases de física enseñado para las escuelas e instituciones de educación superior, en donde la velocidad permanece constante, ya que, en nuestro sistema del plano inclinado, tenemos

en cuenta que la única aceleración existente y que permite el movimiento de nuestras pelotas, es la aceleración gravitacional.

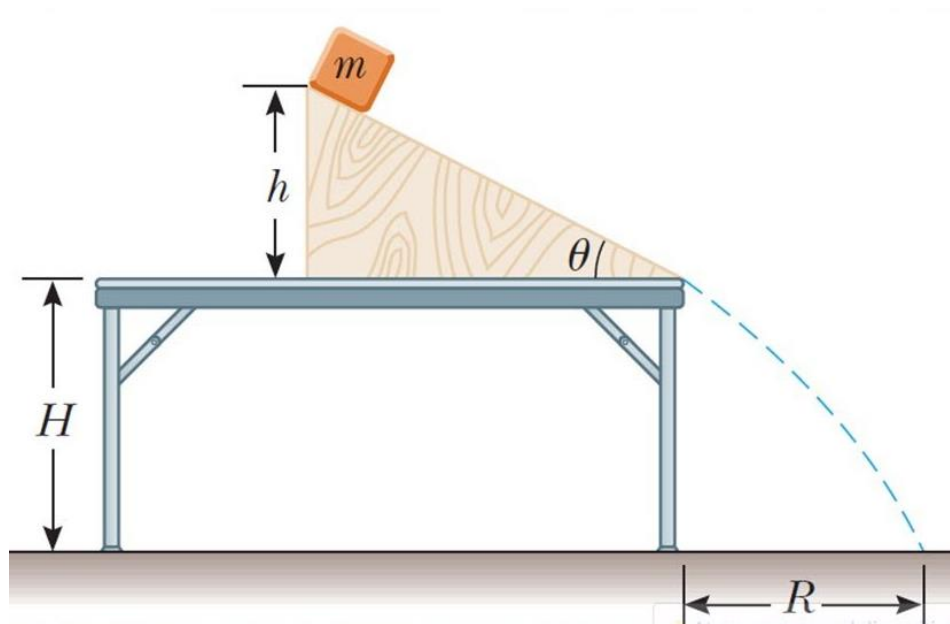
$$x = x_0 + vt \quad (3)$$

Esta expresión nos lleva a considerar únicamente en la trayectoria horizontal que la velocidad es la magnitud constante que permite el desplazamiento sobre este eje, mientras que verticalmente el cuerpo experimentó un desplazamiento gracias a otra constante que estará relacionada con la acción de la gravedad. Podemos concluir que el recorrido total de nuestro sistema, es decir, la distancia que recorrió en nuestro plano inclinado es la magnitud y el cuadrado de cada una de las distancias de los ejes. Entonces en la experiencia que realizamos, al medir la distancia recorrida en el plano inclinado, pudimos observar como la masa y el material no influyen en la velocidad de caída y la distancia alcanzada, lo que nos ayuda con la idea de que el movimiento en este sistema, sigue las leyes de la cinemática.

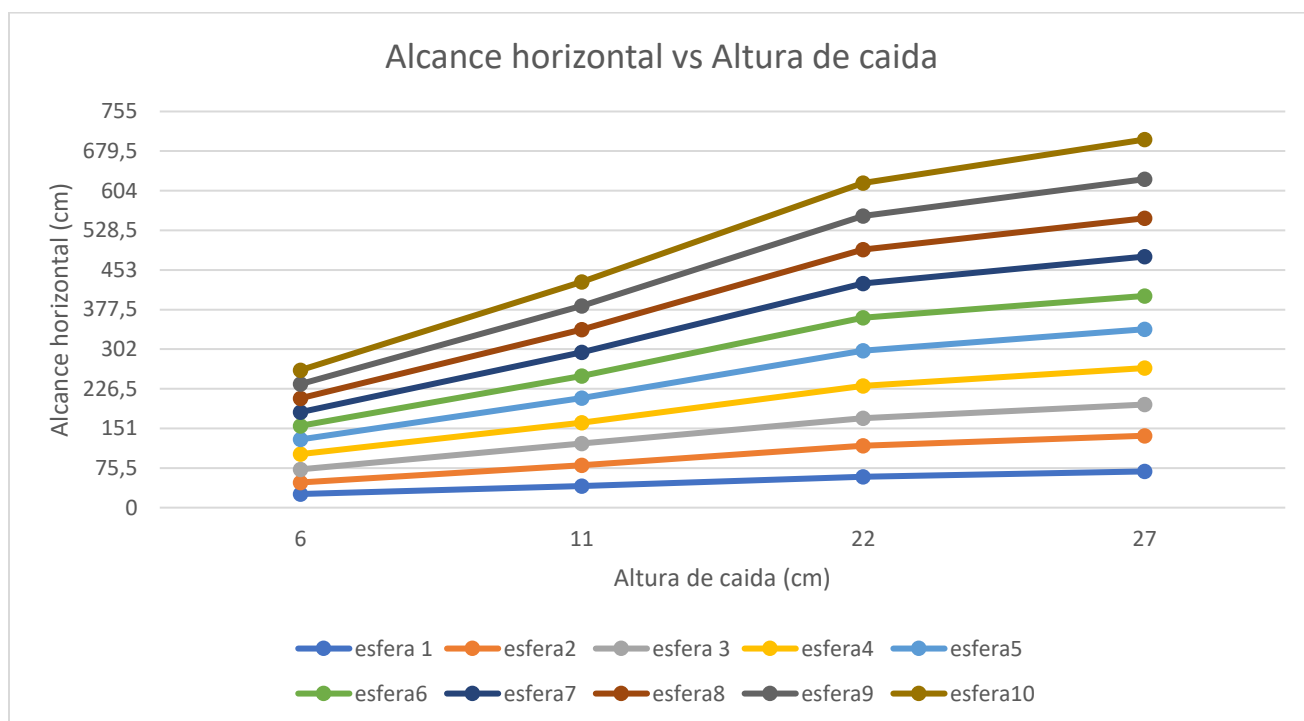
$$|d| = \sqrt{x^2 + h^2} \quad (4)$$

Gracias al desarrollo del cálculo vectorial, dichas expresiones se sintetizan como una magnitud vectorial, es decir, la aceleración y la velocidad hacen parte de estas magnitudes al igual que la posición si tenemos en cuenta la dirección de movimiento de los cuerpos. En nuestro caso la relación entre el desplazamiento total de la esfera en el plano inclinado y las componentes de su movimiento se puede expresar con la ecuación (4) donde la (x) representa el desplazamiento horizontal y la (h) la altura del plano inclinado. Esto nos permitió entender el desplazamiento como una magnitud resultante de las componentes del movimiento horizontal y vertical.

Ahora en términos de convertibilidad debemos tener en cuenta que si en nuestra caída en el vacío, experimento planteado por Galileo, la velocidad aumenta a medida que aumenta su caída. Y en el movimiento horizontal de los cuerpos su distancia será proporcional a la velocidad a la que se vaya siendo esta constante y proporcional a la trayectoria. Entonces, existe una conversión constante en el experimento propuesto del plano inclinado, en donde en el punto inicial podemos apreciar únicamente el fenómeno de caída, y en el punto final de caída, un fenómeno de desplazamiento horizontal sobre una superficie, como bien lo ilustra la imagen 2, es decir, es una combinación de fenómenos en donde constantemente a medida que caen las esferas trabajadas, se ira convirtiendo un fenómeno en otro, como la caída de los cuerpos en desplazamiento horizontal.



**Imagen 3.** Sistema de plano inclinado sobre una mesa. Convertibilidad de fenómenos de movimiento. Sacado de: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRa3L3mpoLMRMZQlyXLzscsw9u2T\\_JQceR9Q&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRa3L3mpoLMRMZQlyXLzscsw9u2T_JQceR9Q&s)



**Gráfico 2.** Alcance horizontal de las esferas VS las diferentes alturas de caída de cada una en 4 puntos puntuales. Elaboración propia.

En la gráfica muestra la relación entre la altura y la distancia alcanzada del primer impacto de las esferas, en donde se evidencia diferentes alturas ( $h_1$ ,  $h_3$ ,  $h_6$ ,  $h_8$ ) y los resultados obtenidos con la caída de varias esferas de diferentes materiales, diferentes masas, desde diferentes alturas desde el plano inclinado. Para todas las esferas, los valores aumentan a medida que se incrementa la altura, el efecto del desplazamiento, lo que se relaciona con una mayor velocidad adquirida debido a la altura de donde se dejaron caer las esferas. Como se puede evidenciar que hay una tendencia similar, que, a mayor altura, mayor será la distancia alcanzada, pero se muestran diferencias entre las esferas por sus propiedades, por lo tanto, en la gráfica se evidencia cómo la altura afecta los resultados en el plano inclinado, y que las diferencias en las características de las esferas (masa, material) tienen variación en su comportamiento afectando como responden a la altura.

La gráfica nos permite hablar de la convertibilidad de los fenómenos, ya que nos muestra como una variable inicial, como la altura desde la que se deja caer las esferas, se convierte en un efecto medible como la velocidad alcanzada o la distancia horizontal alcanzada. El estudio de estas equivalencias nos permite entender la interrelación entre distintos fenómenos mecánicos.

En la experiencia realizada en el montaje del plano inclinado en donde dejamos caer las esferas ilustra de manera explícita la convertibilidad de los fenómenos. Por medio de la observación de variables iniciales como la altura, podemos medir sus efectos en magnitudes observables como la distancia horizontal recorrida. En la actividad experimental se evidencia la relación entre distintos fenómenos mecánicos, mostrando cómo la variación en una condición inicial se traduce en otras magnitudes. Las equivalencias entre fenómenos nos permiten entender la relación entre ellos, evidenciando cómo la altura puede influir en diferentes aspectos del sistema, y como estas transformaciones están conectadas.

#### **4.1.2. Plano inclinado y resorte**

En esta actividad se realizan dos experiencias con un montaje de un plano inclinado y un resorte, utilizando primeramente esferas del mismo material y diferentes masas, y posteriormente esferas de diferentes materiales con distintas masas.

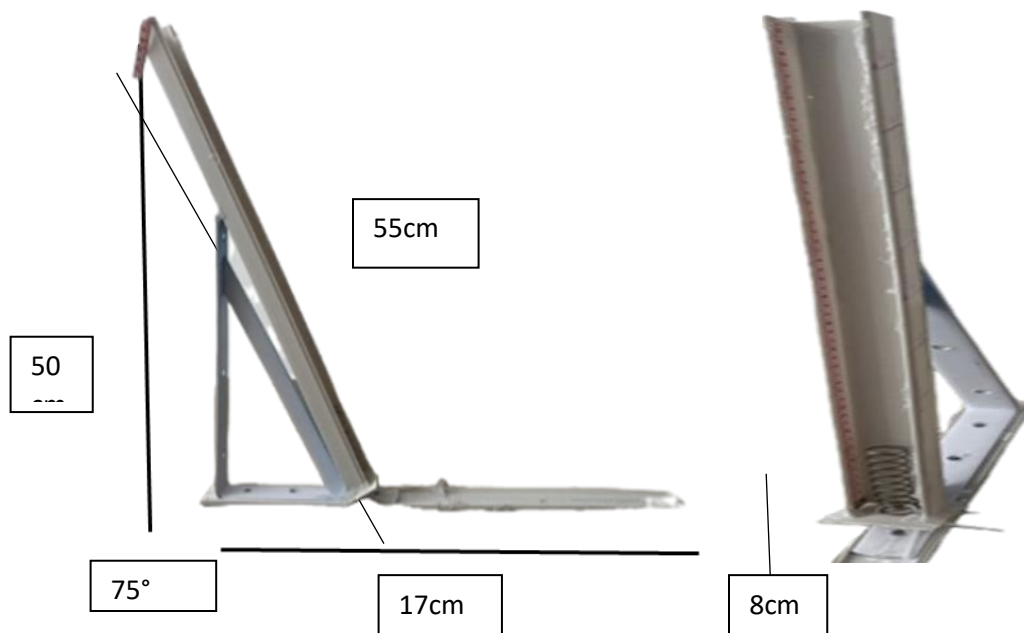
##### **4.1.2.1. Primera experiencia con el plano inclinado y resorte con mismo material y diferentes masas**

En esta primera experiencia se realiza un montaje de un plano inclinado con un resorte con el objetivo de estudiar la relación entre la altura desde la que se deja caer las esferas y la compresión del resorte, en donde se utilizó un solo resorte para simplificar el sistema y permitir que la relación entre las variables principales, como la altura de la caída y la compresión del resorte puede estudiarse de forma aislada. En donde se utilizan esferas de diferentes materiales y masas, para observar cómo estas variables influyen en el comportamiento del sistema. Por medio de esta experiencia, se busca fomentar la comprensión de los conceptos de la convertibilidad de fenómenos, fomentando un análisis de las interacciones entre las magnitudes involucradas.

#### **4.1.2.2. Fenómenos de movimiento en fenómenos elásticos**

Se realizó otra experiencia dejando caer esferas metálicas de diferentes masas, para poder observar y analizar la compresión del resorte, de cómo la caída y la masa de las esferas se relaciona con la compresión del resorte en el plano inclinado, este análisis permitirá comprender la convertibilidad de los fenómenos, al observar como un fenómeno inicial en este caso la caída de la esfera se transforma en otro, que sería la compresión del resorte. Determinamos la relación entre la altura de caída de esferas, de su masa, y la compresión resultante del resorte al impactar en él, para analizar los fenómenos.

Los materiales que se utilizaron para este montaje fueron: un plano inclinado, un resorte elástico, tres esferas metálicas de diferentes masas, un metro o regla para medir a escala de cm y m, una gramera. Primeramente, colocamos el resorte al final del plano inclinado, se instaló un centímetro a lado del resorte para medir su compresión, se marcaron diferentes alturas en el plano inclinado desde donde se soltarán las esferas. El resorte tiene una longitud inicial de 4cm, se pesaron las esferas, en una gramera.



**Imagen 4.** Montaje plano inclinado y resorte.

Para el desarrollo de la actividad experimental inicialmente se tienen que dejar caer las esferas desde diferentes alturas, marcadas en el plano inclinado como se muestra en la figura 2. Se midió la compresión del resorte, al impactar las esferas al resorte se registró la compresión máxima del resorte. Se repitió el procedimiento para cada esfera varias veces para asegurar una mayor toma de datos y poder tabular diferentes resultados como se presenta en la siguiente la tabla:

Altura (cm)									
Cuerpo	Masa	h=50	h=45	h=40	h=35	h=30	h=25	h=20	h=15
Compresión (cm)									
Esfera 01	34g	4	4	3	3	2	2	2	1
Esfera 02	23g	4	3	3	3	3	3	3	1
Esfera 03	11g	3	3	3	3	3	2	2	1

**Tabla 3:** compresión del resorte. Elaboración propia

### 4.1.2.3. Robert Hooke y la ley de elasticidad, relación entre la compresión y los aportes de Hooke:

Antes de proceder con el experimento recreado para continuar con la convertibilidad de los fenómenos, debemos tener en cuenta que inicialmente Robert Hooke centro algunos años de estudio a su aporte de la ley de elasticidad, su aporte de la solución de problema el cual se encontraba en la época de Isaac Newton al igual que el mismo Hooke. 18 años después que Hooke a sus 43 años se le diera reconocimiento, el aporte principal no es la formulación matemática que los científicos hoy en día han traducido de sus planteamientos iniciales, sino, planteo que: “hasta un límite, cada objeto se extiende en proporción a la fuerza aplicada a él, por el contrario, cuanto más se estira algo elástico, más resistencia ofrecerá a ser más estirada” (Wilmar F. pág. 14). Esto nos permite establecer una relación lineal entre la fuerza de tensión del objeto con la deformación que se produce por acción de la fuerza. Lo que podemos decir es que la ecuación es directamente proporcional a la distancia de desplazamiento del resorte o de una deformación: Esto permite intuir que el comportamiento de los cuerpos elásticos, tal como lo planteo Hooke en su ley de elasticidad, que está basado en el principio de la proporcionalidad. La relación entre la fuerza aplicada y la deformación resultante muestra cómo hasta cierto límite, la respuesta de un material es lineal, que, a mayor fuerza, mayor será la deformación. Entonces para comprender cómo fenómenos físicos, como la compresión del resorte, puede predecirse y calcularse con base a relaciones matemáticas. Esto implica que podemos relacionar variables iniciales como la altura en el caso del plano inclinado con efectos medibles como la compresión o el desplazamiento lo que nos permite profundizar en la convertibilidad de los fenómenos.

$$F \propto x$$

La definición de la ecuación completa y que comúnmente se trabaja y se estudia en las clases de física, es la famosa ley de Hooke que es complementada con una constante de proporcionalidad, la cual es una magnitud denominada con la letra k. Con base a esta relación, la ecuación también tiene en cuenta la dirección de desplazamiento del resorte, si analizamos el sistema desde su compresión debemos tener en cuenta la dirección de recorrido, al igual que si se elonga. Por convención el fenómeno de elasticidad se estudia desde la compresión y por tanto su dirección es en sentido negativo, (Halliday 2001) es por lo que podemos concluir la fórmula de la siguiente forma: La relación entre ambos experimentos tratan sobre la convertibilidad de los

fenómenos mecánicos, en el primer experimento, la altura determina la velocidad y el desplazamiento horizontal. En el segundo, la misma altura y masa inicial también determinan la cantidad de compresión del resorte, lo que vincula directamente el comportamiento mecánico de la esfera con el fenómeno elástico. El elemento común en ambos casos es la altura desde la que se deja caer la esfera, y genera efectos que pueden ser medidos. Entonces, ¿Qué es lo que se distinguirá en la compresión del resorte? ¿A medida que la esfera caiga desde una altura mayor qué puede sucederle al resorte? ¿Qué de eso que se está cayendo se distingue por su velocidad en que se transforma?

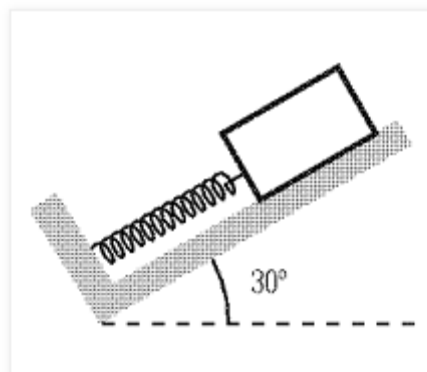
Al impactar la esfera con el resorte se puede observar, cuanto se comprime, esto se mide en términos de distancia, cuánto se reduce la longitud del resorte desde su posición inicial. Con aumentar la altura desde la que se deja caer la esfera, también aumenta la energía potencial gravitacional, al llegar al resorte se convierte en energía cinética, por lo que se evidencia una mayor compresión del resorte. Al dejar caer las esferas desde una altura mayor, la velocidad de la esfera al momento de impactar con el resorte es mayor.

En el primer experimento la altura se convierte en velocidad, esa misma velocidad se convertiría en la deformación del resorte, entonces la ecuación que teníamos que dependía de la energía cinética que dependía de la velocidad, ahora se vuelve en la compresión del resorte en termino de “x” (variable).

#### **4.1.2.4. La principal diferencia entre el resorte y la esfera**

En términos de la convertibilidad de los fenómenos la esfera y el resorte representan diferentes procesos de la transformación de la energía. La esfera inicia el proceso de convertir su energía potencial gravitatoria por la altura, en energía cinética que es el movimiento a medida que cae. Esta energía cinética debido a la altura se convierte al final en la compresión del resorte, que almacena esa energía como energía potencial elástica.

A lo largo del tiempo esta proporcionalidad se fue comprobando en experimentos más adelante, una de las recreaciones que comúnmente se lleva al aula es la que proponemos en este trabajo, en donde analizaremos la compresión del resorte como un fenómeno observado por Robert Hooke y su relación en la convertibilidad del movimiento en un plano inclinado. Sin embargo, si hablamos no de una fuerza sino del movimiento, debemos considerar una expresión y relación que los científicos desarrollaron con el tiempo. En donde el desplazamiento del resorte desde una cierta distancia es proporcional al trabajo que ejerza un cuerpo sobre el resorte.



**Imagen 5.** Plano inclinado y sistema de masa-resorte. Montaje experimental propuesto, para el desarrollo de la relación de convertibilidad de fenómenos de movimiento y compresión elástica. Tomado de: <https://noemifisica.blogspot.com/2018/10/dinamica-87-fuerza-elastica.html>

#### 4.1.2.5. Interpretación de la tabla de altura vs la compresión del resorte

Se tuvieron en cuenta las siguientes variables para la experiencia - La altura del plano inclinado, el material de las esferas, la compresión del resorte y el ángulo de inclinación del plano. Con esta tabla donde se presentan las alturas, se tuvieron en cuenta tres esferas, que tienen estas masas evidenciadas en la tabla, que tienen masas diferentes y son del mismo material, que son de metales. Estas son las 8 alturas como se puede evidenciar en la tabla, desde una altura de 50cm hasta una altura de 15cm, la compresión del resorte que su unidad de medida es en (cm). Observamos a la altura de 50 cm se comprimió 4cm de 40cm se comprimió a 3cm y a 25 cm se comprimió a 2cm.

En la tabla se presentan estas variables la altura desde la cual se dejan caer las esferas y la compresión del resorte, y la propiedad de la masa que lo caracteriza. Estas variables se relacionan para considerar cómo el cambio en la altura afecta en la compresión del resorte, que está colocado al final del plano inclinado, como se menciona más arriba la experiencia se realizó con tres esferas de distintas masas (metal). La relación entre las variables también mencionadas, la primera que es la altura desde la cual se dejan caer las esferas, es independiente, ya que pudimos controlar y modificar, en la experiencia la altura se varió desde la altura 15 cm a 50 cm. La compresión del resorte que es una variable dependiente, ya que se mide en función de la altura desde donde se dejaron caer las esferas, esta compresión del resorte expresa la distancia que se deforma debido al impacto de la esfera.

En cuanto a las propiedades de la esfera, cada esfera tiene masas diferentes (34g, 23g, 11g) esta característica puede influir en la compresión del resorte, en general, una masa mayor resulta en una mayor compresión para una misma altura. En la experiencia observamos que, si aumentamos la altura desde la que se deja caer las esferas, la compresión del resorte también aumenta. Por ejemplo, para la esfera 01 que su masa es de 34g a una altura de 50cm resulta una compresión de 4cm, que a una altura de 15cm resulta una compresión de 1cm, en donde podemos decir que hay una relación entre la altura y la compresión del resorte. Si analizamos como cambiaría la compresión si duplicáramos la altura, podríamos notar un comportamiento cercano a lo proporcional, aunque no exacto. Como ejemplo usaremos a la esfera 03 de (11g), si la altura pasa de 25cm a 50cm, en donde aumentamos la altura el doble la compresión aumentaría de 2cm a 3cm, lo cual no sería exactamente el doble, pero muestra una tendencia de mayor compresión a mayor altura.

La altura desde la que se deja caer una esfera afecta la compresión del resorte, en este caso la compresión del resorte es un indicador de la energía potencial que se convierte en energía elástica a medida que caen las esferas. La altura desde la cual se deja caer las esferas, la energía potencial gravitatoria aumenta y al llegar al resorte, esta energía potencial se convierte en energía elástica, deformando el resorte, por lo que a mayor altura mayor será la deformación del resorte. En donde la masa juega un papel importante, en los datos se observa que, aunque todas las esferas siguen un mismo patrón, mayor altura, mayor compresión, las esferas con mayor masa causan una mayor compresión. Esto se debe a que masa mayor implica más energía potencial, que depende de la masa del objeto y la altura desde donde se dejan caer las esferas.

A partir de los datos obtenidos, podemos observar la relación entre la altura y la compresión del resorte varía con la masa de la esfera, por ejemplo, en la esfera 01 34g. al cambiar la altura y de 25 cm a 50 cm, la compresión pasa de 2cm a 4cm, lo que implica una relación en el rango de las alturas. La esfera 02 de (23 g) y la esfera 03 (11 g) en donde observamos compresiones menores, pero con un comportamiento similar, que, a mayor altura, a mayor compresión del resorte. En el caso de la esfera 02, que al duplicar la altura de 25cm a 50 cm, la compresión pasa de 3cm a 4cm, y para la esfera 03 varía de 2cm a 3cm.

En esta experiencia, la convertibilidad se manifiesta en la transformación de la posición inicial de la esfera que vendría ser la altura en la compresión del resorte. Pudimos observar que, a

mayor altura, se convierte en una mayor compresión del resorte, y esto se mide como un incremento de la distancia comprimida.

La relación entre estas variables, la altura y la compresión del resorte podemos cuantificar, nos permite pensar cómo un cambio en una variable afectará a otra. Esto nos permite llegar a establecer una equivalencia entre la altura y la compresión, pudiendo demostrar como un fenómeno inicial que es la altura, se convierte en un efecto observable, que es la compresión del resorte.

El análisis de los datos en esta experiencia nos permitió observar y comprender la relación entre la altura y la compresión del resorte, donde a medida que aumentábamos la altura, la compresión también aumenta no siempre de manera estrictamente proporcional, por las características propias de cada esfera (masa), en donde la masa de la esfera influye en la compresión del resorte, esferas más pesadas generan mayor compresión que esferas con menos masa a la misma altura de donde se dejan caer. Mediante esta observación podemos hablar de la convertibilidad de los fenómenos, donde los cambios en una condición inicial se convierten en efectos medibles, cuantificables, como la deformación del resorte.

Entonces podemos concluir que con base a una altura de 50 cm que es una altura mayor se comprime el resorte a 4cm, es decir, que logramos evidenciar a la altura de 15 cm se comprimió en 1cm. ¿Cuál es la relación que encontramos aquí? Que entre mayor altura mayor compresión del resorte, es decir que debe existir un factor físico, para poder analizar cómo es posible que un cuerpo desde una altura logre afectar el resorte con una mayor compresión de este mismo a diferentes longitudes en la altura mayor que fue 50cm y la altura menos que fue de 15cm.

En la primera experiencia, se observa cómo la altura desde la que se deja caer la esfera afecta la compresión del resorte. En este caso, se utilizaron esferas del mismo material, pero con diferentes masas para observar cómo la masa de la esfera influye en el comportamiento del sistema. La energía potencial gravitatoria que la esfera posee debido a su altura se convierte en energía cinética a medida que la esfera cae. Al llegar al final del plano inclinado, la energía cinética de la esfera se convierte en energía potencial elástica cuando la esfera impacta el resorte, deformándolo y provocando su compresión. La compresión está directamente relacionada con la velocidad de la esfera al momento del impacto, la cual a su vez depende de la altura desde la cual se dejó caer.

Al repetir la experiencia con esferas de diferentes masas, se observa que, a mayor masa de la esfera, la compresión del resorte es mayor para una misma altura de caída. Esto se debe a que

una mayor masa implica una mayor energía potencial gravitatoria y, por lo tanto, una mayor cantidad de energía cinética al momento del impacto. Esta mayor cantidad de energía se transfiere al resorte, provocando una mayor deformación. A través de este fenómeno, se evidencia la convertibilidad de los fenómenos, ya que el movimiento de la esfera (fenómeno mecánico) se convierte en la deformación del resorte (fenómeno elástico).

En una segunda conclusión de la tabla, evidenciamos que a la misma altura de 50 cm la esfera 2 tendrá la misma compresión. También podemos analizar la altura de 45cm, su compresión de la esfera 2 y 3 concuerdan con la misma compresión a la misma distancia de 3cm, lo que le diferencia a la esfera 1, que tiene mayor masa es decir que con el tema de las masas, siendo también un factor, debe haber una relación entre como la masa de la esfera afecta a la hora de tener contacto con el resorte y que este se comprima,

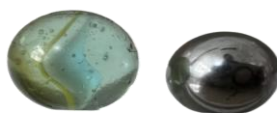
Al dejar caer las esferas desde una altura mayor, recorre mayores distancias en el plano inclinado y tanto se observa una compresión mayor en el resorte, las esferas más masivas tienden a causar una mayor compresión en el resorte, lo cual es observable a través de las diferentes alturas desde las que se dejaron caer, la elongación en el plano inclinado disminuye a medida que la altura de caída disminuye, pero muestra variabilidad dependiendo de la masa de la esfera. La relación entre la masa de la esfera y la compresión es directamente proporcional, es decir, entre mayor sea la masa del cuerpo, mayor será la distancia de compresión del resorte, y entre mayor altura de los cuerpos mayor será el contenido de energía asociado al movimiento final de la esfera (momento en el que impacta), como consecuencia la energía asociada a la compresión generado por el resorte incrementará, dando a entender que un fenómeno dio como resultado la medida del otro, la relación entre los fenómenos se establece en cómo el impacto de uno produce una consecuencia observable en el otro :

Esta actividad experimental es un ejemplo de la convertibilidad de los fenómenos en donde un fenómeno mecánico, la caída de la esfera desde una altura determinada, se transforma en un fenómeno elástico, que es la compresión del resorte. A través de la relación entre la energía potencial gravitatoria y la energía potencial elástica, se demuestra cómo las diferentes magnitudes físicas (altura, masa, velocidad, compresión) se interrelacionan, proporcionando una comprensión más profunda de cómo estos fenómenos pueden transformarse unos en otros mediante la interacción de diferentes tipos de energía.

#### 4.1.2.6. Segunda actividad experimental con el plano inclinado y resorte con diferentes materiales y diferentes masas

En esta segunda experiencia, se retoma el montaje de un plano inclinado y un resorte, para estudiar cómo influyen diferentes materiales y masas en la compresión del resorte. En donde se busca ampliar la comprensión de la relación entre las propiedades de las esferas, el material y la masa y el efecto que producen al dejarlas caer desde diferentes alturas.

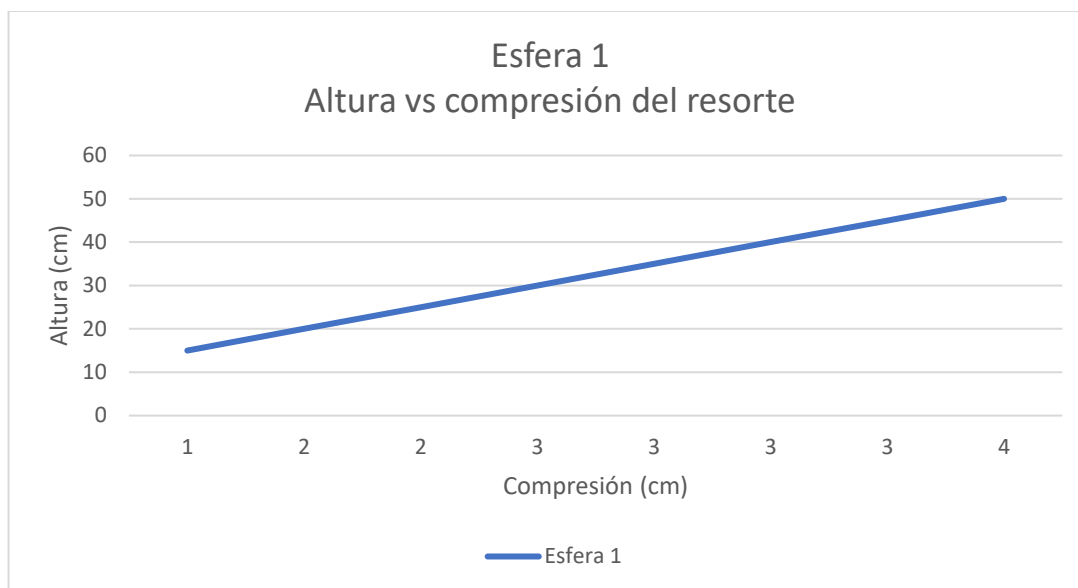
##### Caída de esferas de diferentes materiales (vidrio, metal) diferentes masas



Para esta experiencia utilizamos el mismo plano inclinado de la figura 1, pero con diferentes materiales como se observa en la figura de arriba, utilizamos las mismas alturas.

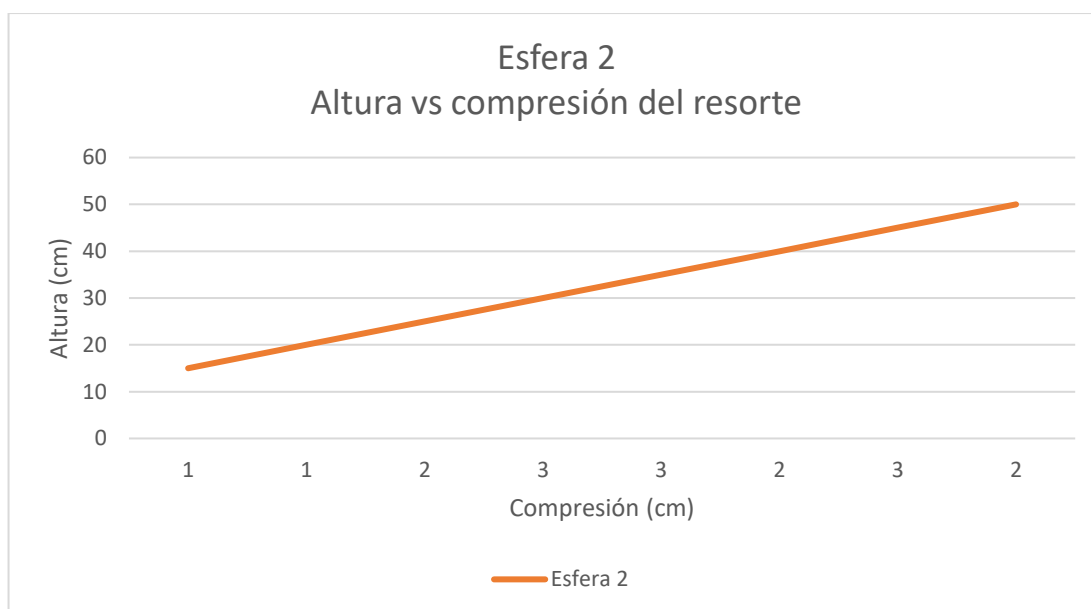
Altura (cm)									
Cuerpo	Masa	h=50	h=45	h=40	h=35	h=30	h=25	h=20	h=15
Compresión (cm)									
<b>Esfera 01</b> <b>metal</b>	23g	4	3	3	3	3	2	2	1
<b>Esfera 02</b> <b>vidrio</b>	20g	2	3	2	3	3	2	1	1

Tabla 4. Altura vs compresión del resorte de 2 masas puntuales de metal y de vidrio.



**Grafica 3.**

**Altura de caída en el plano inclinado vs compresión del resorte de la esfera 1.**



**Grafica 4.**

**Altura de caída en el plano inclinado vs esfera compresión del resorte de la esfera 2.**

En el grafico muestra una relación entre la altura desde la cual se dejan caer las esferas y la distancia horizontal alcanzada por cada esfera, que conforme aumenta la altura también lo hace el alcance horizontal, pero varía según la característica de cada esfera utilizada. En donde podemos

hablar de la convertibilidad de los fenómenos, ya que se refleja en la cómo la variación de altura se convierte en un cambio medible, que es distancia horizontal alcanzada.

Trabajamos en alturas más significativas en las que se evidencian longitudes variadas como los 50 cm y los 15 cm. Desde la altura 50 la esfera 1 tuvo una compresión de 4 cm y la esfera 2 una compresión de 2 cm, entonces podemos evidenciar que existe una relación en el material para cada esfera, independientemente de la esfera con su masa, y el material afectará en diferentes datos. Con la altura de 40 la compresión varía mucho mayor entre 3 a 2cm. Sin embargo, en las alturas de 50, 40, 20 se observa un cambio significativo.

En estas experiencias se analizaron la convertibilidad de los fenómenos mecánicos, se evidenció, como la energía se transforma en diferentes formas durante la caída de las esferas y la compresión del resorte, la energía almacenada en el resorte depende de su constante elástica y la compresión que experimenta. Cuando se deja caer esferas desde una altura, el trabajo ejercido desde una altura gracias a la acción gravitacional que tienen las masas es debido a la posición elevada se convierte en movimiento que a lo largo de su trayectoria la esfera recorre el plano inclinado, cuando llega al resorte, este trabajo y movimiento es transferido al resorte, comprimiéndole y convirtiéndose en lo que comúnmente se conoce como energía potencial elástica almacenada en el resorte. La relación entre la altura de donde se deja caer las esferas y la compresión que resulta del resorte. Que, a mayor altura, la energía potencial inicial es mayor, lo que genera una energía cinética, y por ende una mayor compresión del resorte.

En esta experiencia se ilustra como la altura inicial de la esfera se convierte en fenómenos observables, a medida que la esfera cae, gana velocidad por la conversión de su energía potencial en movimiento, y esta velocidad es la que permite comprimir el resorte al impactarlo. Para ello es fundamental primeramente que la altura y la masa que determinan su energía potencial inicial, la velocidad de la esfera justo antes de impactar, mostrando la conversión a energía cinética y por último la compresión del resorte que mide la energía potencial elástica generada.

El término energía tiene variantes complejas de su comprensión conceptual, pero en este trabajo no nos centraremos en el concepto, sino, en como los términos de trabajo y movimiento se puede traducir a lo que en física se formula como los tipos de energía y la ley de conservación de la energía. Cuando hablamos de energía potencial elástica, que se manifiesta cuando la energía de las esferas en caída, que resulta de la suma de energía cinética y potencial gravitatoria, se transfiere al resorte al impactar con la esfera, esta conversión permite que el trabajo realizado por el peso de

la esfera durante su trayectoria se transforma en deformación elástica. La compresión del resorte depende de factores como la masa de las esferas y la altura de caída, ya que ambos influyen en la cantidad de energía potencial convertida en energía.

La enseñanza tradicional en ciencias específicamente en física, que en ocasiones se enseña de manera separada los conceptos teóricos de las situaciones cotidianas, lo que puede limitar a los estudiantes para entender la física de manera más explícita. En esta perspectiva en la enseñanza de física que se enfoca en la comprensión de la convertibilidad de los fenómenos, donde están relacionados entre sí a través de unas relaciones de causa y efecto. Esta perspectiva muestra la importancia de enseñar la física como teorías aisladas y de relaciones de fenómenos de distintas naturalezas que pueden transformarse y estar conectadas a través de la energía, en el contexto de la hidroeléctrica podemos desarrollar un enfoque así. La experimentación refuerza las habilidades de los estudiantes, para que no solo se quede en lo teórico sino también en lo práctico. Se quiere promover con los estudiantes la identificación de variables que identifican un fenómeno, como la altura, la masa, saber cuándo esas variables están cambiando en un experimento, cuando están permaneciendo sin cambio. Como hacer eso para vincularlos con montajes experimentales donde se ponen en juego estas variables. La enseñanza en la física debe enfocarse en los estudiantes para formalizar y reconocer estas transformaciones en contextos experimentales, como la energía mecánica en energía eléctrica, así los estudiantes puedan cuestionarse y analizar los principios de donde provienen los fenómenos físicos, en lugar de memorizar lo teórico y las fórmulas, lo que permitirá a los estudiantes aplicar los principios de la física en situaciones prácticas y reales.

#### **4.1.3. Plano inclinado y circuito eléctrico**

En este apartado se realiza un experimento utilizando un montaje que consiste en un plano inclinado con un generador eléctrico, al cual se ha conectado un ventilador que actúa como turbina, en las terminales del generador se han colocado cables con bombillos LED. Para la experiencia se utilizan esferas de vidrio que se dejan caer en el plano inclinado. En el experimento anterior la energía almacenada en un resorte dependía de la constante elástica, deformación del resorte, la altura, la masa.

#### **4.1.3.1.. Convertibilidad de los fenómenos mecánicos y fenómenos eléctricos**

En el orden de experiencias realizadas, se observan distintas relaciones de conversión entre fenómenos, que me ayudan a comprender la transformación de diversas formas de equivalencias. Donde en la primera experiencia, la altura se convirtió en velocidad, que me permite relacionar con la energía potencial con su transformación en energía cinética. Luego esta velocidad se transforma en la compresión del resorte al finalizar el recorrido, en este proceso nos muestra cómo la energía cinética de la esfera se convierte en energía potencial elástica en el resorte comprimido, en donde se ilustra una primera instancia de la convertibilidad de los fenómenos. En la tercera experiencia, el análisis experimental, esta velocidad se transforma en un fenómeno eléctrico en donde las esferas al caer desde una altura generan giros en la hélice de un ventilador instalado a un generador, donde la cantidad de giros se convierte en voltaje y a su vez en energía eléctrica. En donde se vincula el movimiento inicial, medidos en términos de altura y velocidad, con la producción de energía eléctrica, siguiendo una secuencia de transformaciones de energías potenciales - elásticas – y eléctricas. Entonces se establece una conexión entre el movimiento inicial de la esfera, la compresión del resorte y la producción de energía eléctrica, en donde estamos hablando de todas las energías potenciales en el mismo caso.

La transformación de la energía mecánica en energía eléctrica es un principio fundamental de la física que no es algo novedoso sigue siendo importante para comprender la convertibilidad de los fenómenos, desde su teoría electromagnética, Faraday demostró que, al mover un conductor dentro de un campo magnético se genera una corriente eléctrica , donde un conductor es movido, sin importar su estado desde una perspectiva cinemática mientras que este se encuentre en movimiento en relación con el campo donde un conductor es movido constantemente ocurre siempre y cuando el movimiento de un conductor se realiza dentro de un campo magnético de manera específica. Este principio se basa en el cambio de flujo magnético, el cual conduce una corriente en el conductor, cuando relacionamos el movimiento mecánico con el flujo magnético podemos observar como una magnitud, el desplazamiento en el campo magnético se convierte en otra en este caso la corriente eléctrica. En donde este proceso de conversión entre magnitudes es importante para comprender la interacción entre fenómenos mecánicos y eléctricos (Salinas y Tovar 2019). También podemos retomar a Werner Siemens quien en su desarrollo del dinamo que podía generar energía eléctrica a partir de un movimiento mecánico basado en el descubrimiento de Faraday. En la experiencia recreada para la enseñanza de la física se retoma estas ideas iniciales

y nos permite observar cómo tensión generada por el movimiento de un cuerpo externo al sistema eléctrico convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Al estudiar este tipo de fenómenos llegamos a analizar la convertibilidad de diferentes magnitudes, desde el movimiento mecánico en el campo magnético hasta la corriente eléctrica producida.

Para la experiencia los materiales que se utilizaron fueron esferas de vidrio y de misma masa, un plano inclinado, un generador, un voltímetro, bombillos de diferentes colores.



Esferas de vidrio



Voltímetro



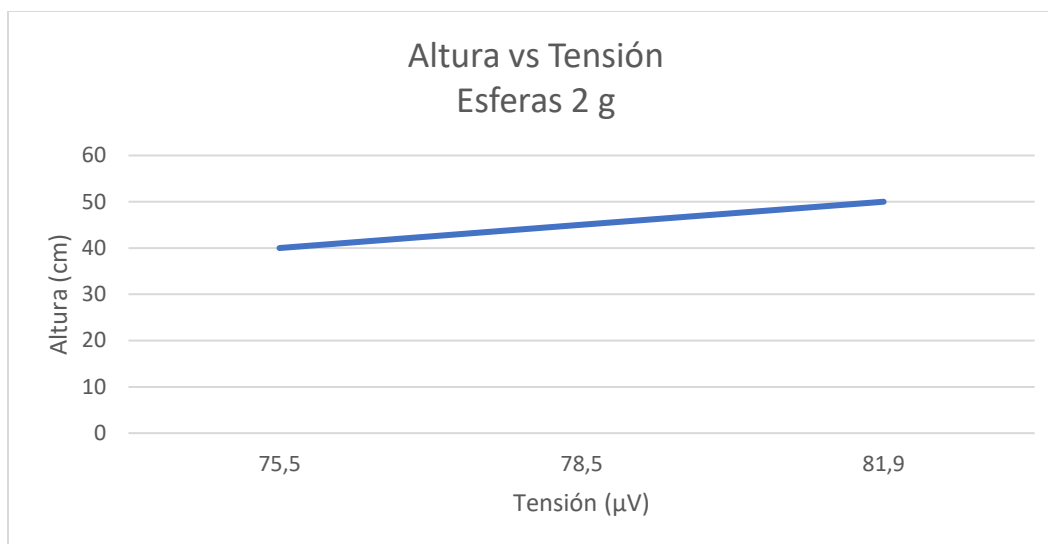
plano inclinado, con generador

Primeramente, se colocó en el plano inclinado a una altura de 13cm el generador conectado con el ventilador, se marcaron diferentes alturas en el plano inclinado desde donde se dejarán caer las esferas. El generador tiene una capacidad de 3 volts, se pesarán las esferas en una gramera.

	h (cm)	Tensión $\mu\text{V}$
Esferas de vidrios 2g	50	81,9
	45	78.5
	40	75,5

**Tabla 2.**

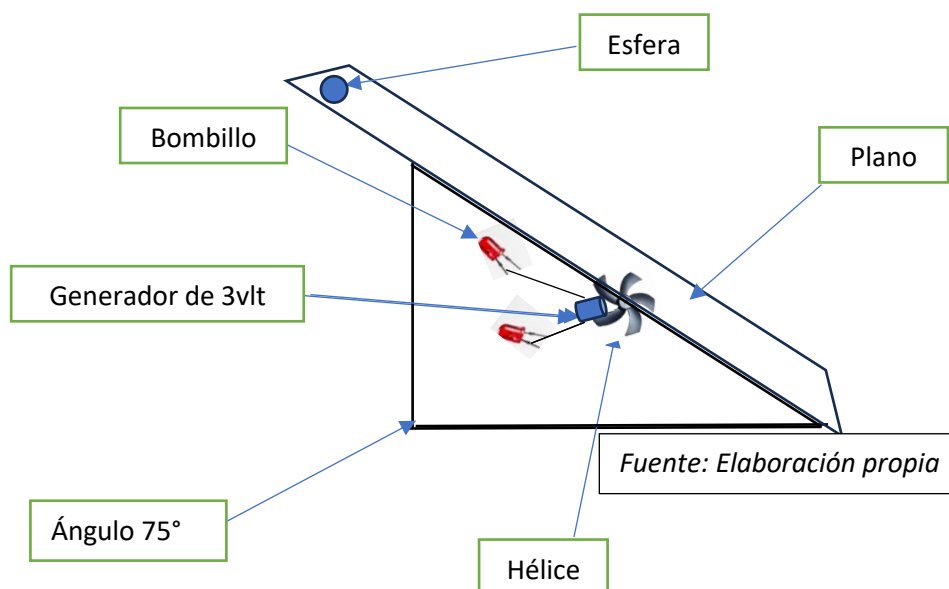
**Altura vs tensión eléctrica.**



**Gráfica 5. Altura vs tensión eléctrica.**

**Relación entre mayor altura, mayor tensión eléctrica medida**

En esta experiencia, realizamos un estudio de convertibilidad de fenómenos mecánicos en fenómenos eléctricos. A través de esta actividad observamos cómo una altura desde la que se dejaron caer varias esferas tiene una relación con la tensión generada en el circuito eléctrico. La tensión, conocida como voltaje, es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos y representa la fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a moverse a través de un conductor. Que, desde una altura de 50 cm, obtuvimos una tensión de 81,9 voltios, a una altura de 45 cm, 78,5 voltios, y a una altura de 40 cm, 75,5 voltios. En donde pudimos observar que, al aumentar la altura, se obtiene una mayor tensión en el circuito, estableciendo una equivalencia observable entre las variables de altura y la tensión generada.



[Plano inclinado y circuito eléctrico.mp4](#) Este vídeo no es explicativo DEL MONTAJE QUE USTED REALIZÓ

Si duplicamos la altura, por ejemplo, en la altura de 50 cm a 100 cm, podríamos esperar que la tensión aumente significativamente. En el incremento no necesariamente será estrictamente proporcional, podemos decir que se estima una mayor tensión en comparación con los valores obtenidos a menores alturas. Esta relación muestra cómo una condición inicial que es la altura se convierte en un efecto observable que es la tensión generada. Lo que podemos inferir es que existe una proporcionalidad lineal también en este experimento, en este caso, entre la tensión eléctrica generada y la altura de caída de la esfera.

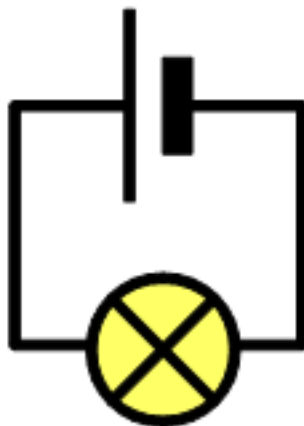
En esta experiencia, las relaciones entre la altura desde la cual se dejan caer las esferas, la altura, la velocidad, la masa, adquirida durante la caída, y la tensión eléctrica producida en microvoltios. Es importante destacar la naturaleza de estas variables y cómo se relacionan en el proceso de conversión de fenómenos.

En el primer experimento, la altura se transformó en velocidad de la esfera, con esa velocidad es con la que golpea la esfera la hélice del motor y hace que gire, entonces si yo dejo caer desde más altura supondría que ¿Qué girará más veces y esos giros se transforman en electricidad? La transformación entre los giros del motor y la tensión eléctrica. Cuando se deja caer las esferas, su movimiento hace girar al generador que contiene un campo magnético, en donde el generador cambia el flujo magnético dentro del generador, generando una corriente y produciendo así una tensión eléctrica.

La masa es importante en este proceso por que influye en la energía cinética de la esfera al caer, que depende de la masa y la velocidad de la esfera, por lo que una esfera de mayor masa transportará más energía cinética al caer a igual altura y velocidad. Al tener mayor energía cinética, las esferas pueden generar mayor fuerza al impactar con la hélice aumentando los giros del generador y por ende la tensión en el circuito.

Lo que se pudo evidenciar en la tabla 5 de datos son las equivalencias que muestran cómo un cambio en las condiciones iniciales como la altura, resulta en un efecto medible. Esto nos permite hablar de la convertibilidad de los fenómenos, donde un trabajo mecánico, como la caída de un cuerpo se convierte en un fenómeno eléctrico al mover las aspas y generar tensión en el circuito

Debemos tener en cuenta que al trabajar con un circuito que permite llevar el potencial o tensión eléctrica a la bombilla LED trabajada, dependerá de la teoría física subyacente para formalizar nuestros resultados y análisis en términos de la convertibilidad de los fenómenos.



**Imagen 5. Circuito bombilla y fuente de potencial**

**En nuestro sistema la fuente de potencial sería la transformación de la energía mecánica en potencial eléctrico directo a la bombilla.**

Al dejar caer las esferas de diferentes alturas tales como las de 50cm, 45cm, 40cm. La altura de la caída está relacionada con la energía potencial gravitacional, donde la masa de la esfera es la velocidad debida a la gravedad y la altura. Cuanto mayor es la altura, mayor es la energía potencial de las esferas. Al caer por el plano inclinado las esferas, la energía potencial inicial se convierte en energía cinética, y que, al llegar al ventilador, esta energía cinética se transfiere a las aspas del ventilador haciéndolas girar. El ventilador está conectado a un generador de 3volt, a medida que las aspas giran, el generador convierte la energía mecánica del ventilador en energía eléctrica lo que hace que el bombillo se prenda.

Entonces se podría decir lo que observamos en esta experiencia, de cómo la energía mecánica, proveniente de la caída de las esferas desde diferentes alturas, se convierte en energía eléctrica. Los cambios de altura afectan directamente la cantidad de energía que se puede producir.

Como usamos diferentes bombillos, el amarillo, el verde y el azul, pasa que solamente el amarillo se encendió durante la experiencia. Esto es por la diferencia de tensiones, o sea, que los LEDS amarillos necesitan menos voltaje para encienda 1.8 a 2.2, en comparación con los azules y verdes.

Los LEDS azules y verdes necesitan un voltaje más alto para funcionar entre 2.8 a 3.3 voltios o más. Como observamos en el cuadro las tensiones generadas son muy bajas para encender

LEDS de mayor voltaje como los azules o verdes. Los valores obtenidos son microvoltios, lo que está muy por debajo del voltaje requerido para que puedan encenderse. Por ende, el generador por más que produzca energía no es suficiente.

La relación entre las variables mecánicas es fundamental para el estudio de la convertibilidad de fenómenos, como las observaciones, como en el caso del movimiento en la caída de las esferas, lo que permite relacionar con otros fenómenos en función de otros que son medibles. Entonces al establecer equivalencias entre estas variables, en donde nos facilita la comprensión de cómo se puede describir un fenómeno en términos de otro, lo que a su vez permite medir resultados observables, las equivalencias de magnitudes, como la altura, la velocidad y la tensión en el estudio de la convertibilidad de fenómenos evidenciando las relaciones entre lo mecánico y eléctrico.

Por lo tanto, concluimos el estudio de las experiencias obtenidas que me ha brindado la oportunidad de investigar detalladamente la convertibilidad de los fenómenos en diferentes contextos, demostrando cómo las variables y magnitudes interactúan y se transforman a partir de las condiciones iniciales. La experiencia en el plano inclinado y la caída de objetos, la compresión de un resorte y la producción eléctrica a través de un circuito, han aportado una comprensión de cómo un cambio en una variable inicial, como la altura o la masa, puede generar efectos cuantificables en otras magnitudes como la distancia alcanzada, la compresión del resorte y la generación de energía.

A través de estos experimentos, hemos analizado la relación entre conceptos fundamentales como la aceleración gravitacional, la elasticidad y la energía potencial, evidenciando que fenómenos de diferente índole pueden ser relacionados y transformado de un modo a otro. El trabajo llevado a cabo se basa en las leyes de Galileo y Hooke, resaltando la relevancia de la experimentación para entender cómo la energía cambia de una forma a otra, desde la energía potencial gravitacional hasta la energía cinética y elástico.

La convertibilidad de los fenómenos, como hemos vivenciado, es un principio para comprender la transformación de la energía en sistemas físicos. En el contexto educativo, estos experimentos ofrecen un modelo de enseñanza que fomenta el aprendizaje activo. Esto facilita la observación y el análisis de cómo las condiciones iniciales influyen en los resultados de los experimentos, y cómo las interacciones entre distintas magnitudes físicas pueden emplearse para explicar.

## Capítulo 5

En este apartado se presenta la propuesta de aula, la cual se basa en un proyecto que se lleva a cabo en tres etapas. En la primera, los estudiantes comenzarán a explorar los conceptos iniciales de la convertibilidad de fenómenos mediante un artículo, en la segunda etapa identificarán procesos de convertibilidad de los fenómenos basándose en situaciones cotidianas, y en la tercera etapa, los estudiantes construirán un dínamo casero con materiales reciclados para demostrar las ideas de la convertibilidad de los fenómenos mecánicos en fenómenos eléctricos.

En la enseñanza de la física, hablar de convertibilidad de los fenómenos es clave para que los estudiantes entiendan cómo diferentes formas de energía pueden transformarse entre sí. Esta propuesta educativa sostiene que los fenómenos mecánicos y eléctricos no son autónomos, sino que mantienen una conexión profunda mediante la transformación de la energía, lo que representa la base de numerosas aplicaciones tecnológicas contemporáneas, como las hidroeléctricas.

Los estudiantes no tienen una noción de lo que es la convertibilidad entre fenómenos, y este vacío puede dificultar la comprensión de los procesos físicos en situaciones de la vida real. Por esta razón, es importante introducir la noción de convertibilidad antes de llegar a la clase, para que los estudiantes puedan construir conexiones entre los fenómenos que se observan en experimentos y los conceptos teóricos que los explican. Entender que la energía puede cambiar de un modo a otro facilita a los estudiantes el manejo más eficiente de los desafíos que plantean las ciencias naturales, identificando patrones y vínculos entre las diversas magnitudes implicadas.

En esta propuesta, la convertibilidad se abordará a través de actividades experimentales llevados a cabo relacionados con fenómenos mecánicos como la caída de esferas desde un plano inclinado, el alcance horizontal que estas logran, la compresión del resorte y el movimiento de una hélice conectada a un generador eléctrico. Así, estos servirán como un vínculo para comprender cómo la energía potencial gravitatoria de una esfera se transforma en energía cinética al desplazarse, y cómo esta energía mecánica puede convertirse al final en energía eléctrica. Mediante estas actividades, los estudiantes no solo comprenderán las leyes de la física, sino que también adquirirán conocimientos para determinar equivalencias entre diferentes tipos de energía.

El objetivo de esta propuesta de aula es que los estudiantes comprendan no solo los principios básicos de la física, sino también su aplicación práctica en contextos como el de una

hidroeléctrica. A través de la experimentación y el análisis de fenómenos mecánicos y eléctricos, los estudiantes desarrollarán una comprensión profunda de las transformaciones de energía y cómo estas se pueden aplicar en el diseño y funcionamiento de tecnologías que impactan su vida cotidiana.

### **5.1. Proyección de propuesta de aula**

En este apartado se tendrán en cuenta las características, la intencionalidad y las actividades iniciales, en donde una literatura ayudará al estudiante a familiarizarse con el tema a ser abordado, con algunas preguntas que nos ayudaran a determinar los conocimientos previos de los estudiantes sobre la noción de convertibilidad, a partir de situaciones cotidianas analizando ejemplos que ilustren las interacciones entre fenómenos mecánicos y eléctricos se manifiestan en la vida diaria

Construir un dinamo para analizar la relación entre la cantidad de giros por unidad de tiempo y la activación de los bombillos LED. Realizar un análisis comparativo entre las variaciones en el fenómeno mecánico y los cambios observados en el fenómeno eléctrico, estableciendo la correspondencia entre el aumento de la velocidad de rotación del dinamo y el número de bombillos encendidos

Etapa	Objetivo	Actividad	Intencionalidad	Instrumentos y recursos
Etapa 1	Explorar y analizar las primeras nociones de la convertibilidad de los fenómenos, identificando cómo las interacciones entre diferentes magnitudes físicas permiten hablar de un fenómeno en términos del otro.	1- Fichas de indagación 2-Explorar el contexto 3- Situaciones de la vida cotidiana	Análisis y explicación de las primeras nociones de la convertibilidad de los fenómenos.	Texto artículo “El fenómeno de la caída libre en Galileo” Cuestionario. (Ver anexo) Ver página web  <a href="file:///C:/Users/hp/Downloads/dparga,+462-1657-1-CE%20(1).pdf">file:///C:/Users/hp/Downloads/dparga,+462-1657-1-CE%20(1).pdf</a>
Etapa 2	Reconocer procesos de convertibilidad de los fenómenos a partir de situaciones cotidianas, analizando ejemplos que ilustran cómo las interacciones entre fenómenos mecánicos y eléctricos se manifiestan en la vida diaria.	-Fichas de indagación Los estudiantes procederán a mirar un video informativo. <b>Somos “Itaipu Binacional”</b>	Exploración de situaciones cotidianas	- Proyector - Guía de trabajo - - <b>Video sobre Somos “Itaipu Binacional”</b> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=zd18kAj8bWM">https://www.youtube.com/watch?v=zd18kAj8bWM</a>
Etapa 3	-Construir un dinamo para analizar la relación entre la cantidad de giros por unidad de tiempo y la activación de los bombillos LED. -Desarrollar un análisis comparativo entre las variaciones en el fenómeno mecánico y los cambios observados en el fenómeno eléctrico. - Establecer una compensación entre el aumento de la velocidad de rotación del dinamo y el número de bombillos LED que se encienden.	-Fichas de indagación -Construcción de un dinamo. Análisis del video referente a la construcción del dinamo	Realizar la experiencia práctica en donde puedan cuantificar y medir las variables	Taller sobre la construcción de un dinamo casero Video Denominado “ <b>Como Hacer un Generador Eléctrico Casero</b> ”  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=lueZ_a2o8Pc">https://www.youtube.com/watch?v=lueZ_a2o8Pc</a> Cuestionario.

**Título del Proyecto:** “La Convertibilidad de los Fenómenos en Acción”

**Objetivo General:** Desarrollar habilidades de experimentación en el aula que permitan a los estudiantes aproximarse al conocimiento sobre la convertibilidad de los fenómenos, reconociendo cómo diversos fenómenos naturales se transforman y se relacionan entre sí.

**Contexto de la Propuesta de Aula:**

El proyecto " La Convertibilidad de los Fenómenos en Acción" surge de la necesidad de conectar los conceptos científicos abstractos con las experiencias cotidianas de los estudiantes en el Colegio Nacional San Gervasio-Independencia del cuarto Departamento Guairá. En esta situación, se centra en la convertibilidad de los fenómenos, un principio esencial en las ciencias naturales que se refleja en la conversión de un tipo de fenómeno a otro, como el trabajo mecánico a lo eléctrico.

Desde el contexto mencionado, esta propuesta pretende ofrecer una actividad pedagógica en la cual posibilite a los estudiantes experiencias a través de la observación, y cómo tratar un fenómeno en comparación con otro, mediante cuestionarios, vídeos y actividades experimentales de fácil acceso. Esto surge frente a la necesidad de implementar estrategias activas que promuevan el espíritu crítico y reflexivo de los estudiantes y que representa un desafío para los docentes.

En el ámbito educativo paraguayo, desde mi experiencia como docente rural, los escasos recursos didácticos, surge la necesidad de nuevas estrategias innovadoras que pueda despertar la curiosidad de los estudiantes, esta propuesta de aula ofrece una nueva visión para la enseñanza de las ciencias en aula.

Este enfoque promueve la enseñanza de las ciencias a través de la experimentación y la exploración práctica, ya que los estudiantes no solo van a adquirir conceptos teóricos y abstractos, sino que van a vivenciar problemas reales. Las actividades propuestas requieren materiales que están disponibles en su entorno que tampoco son costosos, lo que ayudará a que la actividad pueda realizarse.

En el marco histórico lo sitúa al estudiante en las actividades experimentales realizadas por los expertos científicos, quienes han sentado las bases sobre el conocimiento científico en referencia a la convertibilidad de los fenómenos, permitiendo la comprensión la evolución de la ciencia a través del método experimental.

Etapa 1: Primeras nociones de convertibilidad de los fenómenos.

Analizar y explicar los efectos de la interacción entre diferentes fenómenos mecánicos y eléctricos, para comprender cómo la convertibilidad de los fenómenos facilita la transformación de distintas magnitudes físicas,

Reconocer los procesos de transformación en la interacción entre fenómenos eléctricos y mecánicos, estableciendo conexiones que demuestren la convertibilidad de los fenómenos, mediante materiales informativos referentes a las primeras nociones de la convertibilidad. (tabla)

Etapa 2. Vivenciar la convertibilidad de los fenómenos.

En esta etapa los estudiantes mediante grupos de trabajo van a analizar como hablar de un fenómeno en términos de otro fenómeno mediante un video sobre “la hidroeléctrica de Itaipú Binacional” que es una de las hidroeléctricas que tenemos en Paraguay, en donde vivenciarán situaciones cotidianas, a propósito de eso podrán reflexionar sobre los fenómenos que van identificando la relación entre la altura y el impacto del agua, el movimiento en distancia recorrida.

La actividad estará guiada por una ficha de preguntas orientadoras, que ayudarán a los estudiantes a identificar los fenómenos presentes, las variables, en donde podrán deducir que tales variables iniciales de un fenómeno pueden generar cambios medibles en otros, para poder llegar a la noción de la convertibilidad. Al término de la actividad los estudiantes obtendrán una primera noción de las interacciones entre distintos fenómenos.

Etapa 3. Cuantificar la convertibilidad.

En esta etapa los estudiantes tendrán la posibilidad de explorar de manera práctica la convertibilidad de fenómenos ilustrado en un dinamo casero, con bombillos leds.

Cuya actividad se centrará en establecer una relación cuantitativa entre la cantidad de vueltas y la cantidad de leds que se logran encender. En este experimento se quiere lograr que los estudiantes comprendan de manera tangible, como los fenómenos físicos de naturaleza mecánica están relacionadas. Entonces podrán comprender cómo el trabajo mecánico, en este caso el movimiento rotacional, se relaciona con el aspecto eléctrico, que sería el que alimenta los LED, reflejando así la convertibilidad de los fenómenos.

Esta experiencia ayudará a los estudiantes a reforzar sus habilidades de experimentación, análisis y el pensamiento crítico. Al término de la actividad, los estudiantes adquirirán una primera noción de como los cambios es una variable lo que vendría ser el número de vueltas que se genera en el dinamo, que son medibles en otra que va a ser la cantidad de bombillos leds encendidos, lo que representa la convertibilidad de los fenómenos.

## Anexos

### Guía de actividades.

#### **Colegio Nacional San Gervasio – Independencia**

**Asignatura:** Física

**Docente:** María Auxiliadora Sánchez Godoy

**Nombre:** ..... **Curso:** ..... **Fecha:**.....

#### **Etapa 1**

En esta primera etapa, los estudiantes empezaran a indagar las primeras nociones de la convertibilidad de los fenómenos a través de un artículo “El fenómeno de la caída libre en Galileo”.

#### **Objetivos**

Explorar y analizar las primeras nociones de la convertibilidad de los fenómenos, identificando cómo las interacciones entre diferentes magnitudes físicas permiten hablar de un fenómeno en términos del otro.

#### **Actividades**

##### **1. Contesta las siguientes preguntas de acuerdo con lo analizado en el artículo**

- a) ¿Cómo comenzó a hablarse de la convertibilidad de los fenómenos en la historia de las ciencias?
- b) ¿Qué significa que una magnitud física se conserva durante un proceso de conversión?
- c) ¿Qué son magnitudes?

##### **2. Analiza la convertibilidad de los fenómenos**

- a) Relaciona las siguientes magnitudes, velocidad, altura, carga eléctrica, y explica cómo en cada una de estas magnitudes podría intervenir el proceso de convertibilidad.
- b) Reflexiona sobre una situación de la vida cotidiana donde puedas observar la convertibilidad de los fenómenos. ¿Qué variables y magnitudes estarías observando en este caso y como están relacionadas?

#### **Etapa 2**

En esta etapa los estudiantes realizaran una profundización sobre las primeras nociones de convertibilidad de los fenómenos, por medio del análisis visual de la hidroeléctrica Itaipú Binacional-Paraguay, una de las más grandes del mundo en donde se genera electricidad de la

energía hidráulica, es decir del agua estacionada en una represa eleva. A partir de la visualización de un video sobre su funcionamiento, en donde los estudiantes podrán observar variables medibles.

### **Objetivo**

Reconocer procesos de convertibilidad de los fenómenos a partir de situaciones cotidianas, analizando ejemplos que ilustran cómo las interacciones entre fenómenos mecánicos y eléctricos se manifiestan en la vida diaria.

### **Actividad**

*Proyección de video sobre la hidroeléctrica Itaipú Binacional. Somos “Itaipu Binacional”* <https://www.youtube.com/watch?v=zd18kAj8bWM>

### **Materiales**

- Proyector
- Video

### **Guía de trabajo**

Después de observar el video “Somos Itaipú Binacional” procederemos a contestar las siguientes preguntas en función de los fenómenos observados, como la caída del agua y como hablar de un fenómeno en términos de otro fenómeno. De este modo llegar a reflexionar sobre la convertibilidad de los fenómenos mecánicos y eléctricos a propósito de la hidroeléctrica.

#### **1. Marca la respuesta correcta con una (X)**

- a) ¿Puedes identificar cuál es la variable principal que impulsa el funcionamiento de una la hidroeléctrica?
- (....) El flujo del agua
  - (....) La altura de caída del agua
  - (....) La cantidad del agua en el embalse
- b) ¿Según lo observado la altura de caída del agua influye en el flujo hacia las turbinas?
- (....) No tiene ningún efecto en el flujo
  - (....) Aumenta la velocidad del agua
  - (....) Disminuye la velocidad del agua
  - (....) Aumenta la cantidad de flujo

**2. Contesta las siguientes preguntas de acuerdo con lo observado**

- a) Explica cómo el movimiento del agua, desde la altura que se encuentra la represa hasta llegar a las turbinas, cambia a lo largo del recorrido.
- b) Asocia al menos dos variables, aparte de la altura del agua, que puede afectar el movimiento del agua en la hidroeléctrica.

**3. Responda a las siguientes preguntas**

- a) ¿Cómo se relaciona la velocidad con la rapidez del flujo con el movimiento de las turbinas?
- b) ¿Entonces cómo esta relación afecta lo que ocurre después del sistema?

**4. A propósito, a lo que se observó en el video, realiza un esquema que muestre la relación entre la posición del agua y el movimiento que se genera en las turbinas, usando las variables que has identificado**

**5. Realiza una reflexión sobre una situación de tu entorno en la que una variable como la altura o el movimiento ilustre los efectos observables en otro fenómeno, asociado a la convertibilidad.**

**Conclusión de la actividad**

Al término de la actividad, analizar y reflexionar las respuestas con los estudiantes, seguidamente, elaborar una presentación en la cual se debe explicar la convertibilidad de los fenómenos en la hidroeléctrica Itaipú, mencionando las variables analizadas.

**Video para observar al final de la actividad**

ITAIPU BINACIONAL - Central Hidroeléctrica, Funcionamiento

<https://www.youtube.com/watch?v=BI1VeLHQ--s>

## Guía de trabajo #3

### Etapa. 3

En esta etapa los estudiantes construirán un dínamo casero utilizando materiales reciclados para ilustrar las nociones de la convertibilidad de los fenómenos mecánicos en fenómenos eléctricos.

El dínamo es un generador que funciona aprovechando el movimiento mecánico en este caso el movimiento, para generar corriente eléctrica. Según la ley de Faraday de la inducción electromagnética, cuando un campo magnético cambia alrededor de un conductor, se induce una corriente eléctrica en ese conductor. En los dínamos, este proceso ocurre mediante la rotación de un imán dentro de una bobina o arrollamiento de cobre, generando así electricidad. (Tipler y Mosca 2008).

### Objetivos

- Construir un dinamo para analizar la relación entre la cantidad de giros por unidad de tiempo y la activación de los bombillos LED.
- Desarrollar un análisis comparativo entre las variaciones en el fenómeno mecánico y los cambios observados en el fenómeno eléctrico.
- Establecer una compensación entre el aumento de la velocidad de rotación del dinamo y el número de bombillos LED que se encienden.

El propósito de estos objetivos es que los estudiantes realicen experiencias prácticas y puedan ilustrar la conversión de un trabajo mecánico en eléctrico, en donde van a poder cuantificar y medir la cantidad de trabajo mecánico necesario para encender los bombillos led con el funcionamiento del dispositivo construido.

**Taller.*****Construcción de un dínamo casero***

Materiales
<ul style="list-style-type: none"><li>• Formica (30 x 30)</li><li>• Regla</li><li>• Tijeras</li><li>• Pistola con silicona</li><li>• Marcador</li><li>• Compás</li><li>• Gomas elásticas</li><li>• Motor eléctrico</li><li>• Leds</li><li>• Paleta de madera</li><li>• Palito de brochet</li></ul>

**Procedimientos para la construcción del dinamo:**

Para la elaboración del dínamo casero, los estudiantes deben seguir las indicaciones del



siguiente video. Denominado “Como Hacer un Generador Eléctrico Casero”.

[https://www.youtube.com/watch?v=lueZ\\_a2o8Pc](https://www.youtube.com/watch?v=lueZ_a2o8Pc)



1. *Completa el cuadro de relación de número de vueltas Vs la cantidad de leds encendidos.*

Número de vueltas	Cantidad de bombillos encendidos	Voltaje producido
10 vueltas		
20 vueltas		
30 vueltas		
40 vueltas		

2. *A partir de la experiencia realizada, responde el siguiente cuestionario:*

- a) ¿Qué se observa en los bombillos cuando comienzas a girar el eje?
- b) ¿Cómo varía el voltaje a medida que aumenta la cantidad de vueltas?
- c) ¿Qué variables pueden afectar el rendimiento del dinamo (como número de vueltas de la bobina, cantidad de imanes, tamaño del eje)?
- d) ¿Cómo puedes mejorar la eficiencia de tu dinamo?
- e) ¿Qué relación piensas que existe entre la velocidad de giro del eje y la cantidad de trabajo generada?

- f) ¿Cómo se puede explicar este fenómeno en términos de convertibilidad de energía mecánica a energía eléctrica?

### 3. Reflexiona

- a) ¿A qué conclusiones pueden llegar sobre la convertibilidad de fenómenos observados en esta experiencia?
- b) ¿Cómo pueden aplicar este principio en situaciones de su entorno?

Ficha de indagación Etapa 1
Ficha de indagación de las primeras nociones de convertibilidad de los fenómenos
<p><b>Nombre:</b> .....</p> <p><b>Curso:</b> .....</p> <p><b>Fecha:</b> .....</p>
<p><b>1. Contesta las siguientes preguntas:</b></p> <p>a) ¿Qué es un fenómeno?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>b) ¿Qué son magnitudes?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>c) ¿Puedes mencionar algunas magnitudes?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p><b>2. Relaciona las estas magnitudes: distancia, velocidad, masa, tamaño peso. Puedes elegir una de estas magnitudes y explicar cómo podrías observarla en un fenómeno. Por ejemplo. ¿Cómo podrías medir la distancia recorrida por una pelota por un plano inclinado?</b>-----</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p><b>3. Reflexiona</b></p> <p>a) ¿A tu alrededor alguna vez has notado cómo u fenómeno en otro en tu entorno?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>b) Por ejemplo ¿Cuándo utilizas la bicicleta? ¿Qué fenómenos podrías observar? Describe brevemente lo que se podría medir algunas de sus magnitudes.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

4. Marca con una (X) algunos fenómenos que ocurren a tu alrededor



5. ¿Al completar todas las actividades puedes hablar de lo que has aprendido sobre como los fenómenos están relacionados? -----

-----

-----

-----

### Ficha de indagación Etapa 2

1. Observa la imagen de la hidroeléctrica Itaipú Binacional-Paraguay



2. De acuerdo con la imagen ilustrativa de esta hidroeléctrica contesta las siguientes preguntas.

a) ¿Qué variables puedes observar en la imagen?

-----

-----

b) ¿Qué fenómenos puedes observar?

-----  
 -----  
 c) ¿Por qué el agua está estacionada a esa altura?  
 -----  
 -----

d) ¿Qué fenómeno se piensas que ocurre cuando el agua cae desde lo alto de la represa?  
 -----  
 -----

e) ¿Cuáles son los fenómenos naturales crees que son necesarios para que funcione una hidroeléctrica?  
 -----  
 -----

### 3. Reflexiona

Desde tu vida cotidiana piensa en un fenómeno natural que produzca cambios y describe cómo ocurre.-----  
 -----  
 -----  
 -----

### Ficha de indagación Etapa 3

**Indagación explorar de manera práctica la convertibilidad de fenómenos ilustrado en un dinamo casero, con bombillos leds.**



### 1. Responda las siguientes preguntas, teniendo en cuenta tus experiencias

a) ¿Conoces un generador?  
 -----  
 -----

b) ¿Alguna vez lo has utilizado, visto un generador en acción? Supongamos que tienes que hacer que se encienda un bombillo, sin utilizar enchufes, sin utilizar pilas. ¿Cómo harías para lograrlo?

-----  
-----  
-----

**2. Piensa en un objeto que funciona con movimiento y produce electricidad y responde las siguientes preguntas**

¿Por qué crees que es importante aprender a generar electricidad de un movimiento, como un giro de un objeto?-----  
-----  
-----

## Conclusiones

En este trabajo de profundización disciplinar y pedagógico se ha logrado una comprensión acerca de la convertibilidad de los fenómenos mecánicos y eléctricos, particularmente referente a la energía y su transformación. El abordaje realizado, en montajes experimentales se ha evidenciado la manera en que variables como la altura, la velocidad la compresión de un resorte, la masa como propiedad, y la generación eléctrica interactúan y se transforman bajo diferentes circunstancias. Este análisis evidencia la relevancia de los principios físicos.

En este sentido se ha logrado una comprensión más sólida sobre la convertibilidad de los fenómenos mecánicos y eléctricos, especialmente en el contexto de la energía y su transformación, mediante las experiencias realizadas, se han demostrado cómo las variables, como la altura, masa, compresión de resorte y generación eléctrica, interactúan y se transforman bajo diversas condiciones. De esta manera se refleja la importancia de los principios físicos fundamentales, como la aceleración gravitacional y la ley de elasticidad de Hooke, para explicar fenómenos de la naturaleza y sus interrelaciones.

El análisis detallado de cómo el trabajo mecánico, representado en el movimiento rotacional, se traduce en energía eléctrica para alimentar dispositivos como LEDS, evidencia la convertibilidad de los fenómenos. De igual manera, la investigación ha permitido establecer equivalencias entre diferentes magnitudes, como la relación entre altura y alcance horizontal, o la altura y la compresión de un resorte, lo que facilita una mejor comprensión de los procesos de transformación de energía.

La propuesta pedagógica planteada resalta la relevancia de integrar la teoría y la práctica en el estudio de las ciencias, ofreciendo herramientas y métodos para llevar a cabo actividades experimentales que demuestren la convertibilidad de los fenómenos. Estas actividades tienen como objetivo demostrar cómo sucede la convertibilidad en situaciones específicas, permitiendo que los estudiantes entiendan teorías. Esto es importante para aquellos docentes con escasa experiencia en la enseñanza de las ciencias, pues facilita una formación pedagógica con una base para tratar estos asuntos en el aula.

Este trabajo ha puesto de manifiesto la relevancia de la experimentación como herramienta pedagógica en la enseñanza de la física, ya que permite a los estudiantes construir su propio conocimiento a través de la indagación, la observación y la formulación de hipótesis. Este enfoque,

centrado en la reflexión teórica y práctica, fomenta un aprendizaje activo y autónomo, contribuyendo a la comprensión de fenómenos. En la propuesta pedagógica planteada se destaca la importancia de integrar la teoría y práctica en el abordaje de las ciencias, proporcionando herramientas y metodologías para implementar actividades experimentales que ilustren la convertibilidad de los fenómenos.

A través de estas actividades, se busca ejemplificar cómo ocurre la convertibilidad en contextos concretos, facilitando que los estudiantes puedan comprender teorías abstractas. Esto resulta especialmente relevante para educadores con poca experiencia en ciencias, ya que permite construir una base sólida para abordar estos temas en el aula de manera más efectiva.

Finalmente, los resultados obtenidos refuerzan la idea de que la conversión de la energía en distintas formas es un proceso fundamental que puede ser observado y analizado desde diversas perspectivas experimentales, brindando a los estudiantes una visión más amplia de los principios físicos y su aplicación en el mundo real. La investigación ha demostrado cómo la física no solo se comprende a través de la teoría, sino también a través de la experiencia práctica, lo que fortalece el proceso de aprendizaje y facilita la comprensión de la transformación de la energía en sus distintas formas

### Referencias bibliográficas

- Aldana, J. A. (2019). *El análisis histórico crítico como eje en la construcción de fenomenologías: acerca de la magnitud cantidad de sustancia y mol* [ Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio institucional.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/10896>.
- Castiblanco, W. F. (2013). *Enseñanza de la ley de Hooke a partir de la deformación n rocas, asistido con laboratorio convencional - virtual*. Bogotá.
- Gramañó, MC (1993). *Construcción del fenómeno eléctrico: perspectiva de campos* . Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Halliday, D., Resnick, R., y Walker, J. (2001). Energía cinética y trabajo. En Halliday, D. (3ª ed.) *Fundamentos de Física* (pp. 135-161). Editorial Continental.
- Halliday, D., Resnick, R., y Walker, J. (2001). Energía potencial y conservación de la energía. En Halliday, D. (3ª ed.) *Fundamentos de Física* (pp. 162-193). Editorial Continental.
- Oswald, W. (1910). *La Energía*. Librería Gutenberg de José Ruiz.
- Perilla, M. L. (2005). *El fenómeno de la caída libre en Galileo*. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, (18), 97-106. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/15029>.
- Romero, Á., Ayala, M., García, E. y Gómez, M. (2017). *La convertibilidad de los fenómenos y la conservación de la energía*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/15675>.
- Salinas, D.L & Tovar, S. (2020). *De los Fenómenos Eléctricos y Mecánicos a la Idea de la Transformación de la Energía*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sandoval, S., Ayala, M., Malagón, J. y Tarazona L. (2006) *El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia*. Ponencia presentada en el III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. Colombia.
- Sarmiento, A., & Roldán, B. (s.f.). Historia Galileo Galilei. *PLANETARIO GALILEO GALILEI BUENOS AIRES*, 6.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2018). *Física para la ciencia y la tecnología* (6a ed.). México: Reverté.