

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**Facultad de Ingeniería de mecánica eléctrica, ingeniería electrónica
e Ingeniería de sistemas**

Escuela profesional de Ingeniería de sistemas



TEOREMA DE TRABAJO Y ENERGÍA

CURSO.

LABORATORIO DE FISICA

DOCENTE.

GRIMALDO APAZA CHINO

ALUMNO.

ABAD POMA MAQUERA

2024 – II

PUNO – PERÚ

1. RESUMEN

El informe realizado aborda de manera experimental el teorema de trabajo y energía, analizando la relación entre el trabajo neto realizado y el cambio en la energía cinética de un sistema dinámico. La investigación se enfocó en un entorno controlado utilizando materiales especializados como sensores de alta precisión y software de análisis. Durante los experimentos, se determinaron las variaciones de energía cinética y trabajo mediante cálculos basados en gráficos de fuerza vs. posición y en mediciones experimentales. Los resultados obtenidos confirmaron la validez teórica del teorema, mostrando un patrón consistente entre el trabajo realizado y los cambios en la energía cinética.

A pesar de ligeras discrepancias debido a factores como el rozamiento y la precisión de los instrumentos, los errores porcentuales se mantuvieron dentro de un rango aceptable (entre el 1% y el 4%), reflejando la confiabilidad de los datos. La experimentación permitió además reflexionar sobre la importancia de las condiciones experimentales y la minimización de errores en sistemas reales.

2. OBJETIVOS

- Verificar el modelo teórico relacionado con el teorema de trabajo y energía.
- Identificar los gráficos correspondientes a la variación de la energía cinética y al trabajo total.

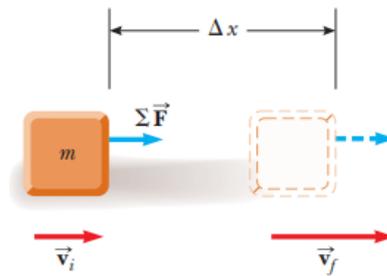
3. FUNDAMENTO TEORICO

Para un cuerpo de masa “m” que se mueve a través de un desplazamiento dirigido hacia la derecha bajo la acción de una fuerza neta constante “F”, también dirigida a la derecha. Se conoce que la segunda ley de newton que el bloque se mueve con una aceleración \vec{a} . Si el bloque se mueve a través de un desplazamiento $\Delta\vec{r} = \Delta x\hat{i} = (x_f - x_i)\hat{i}$, el trabajo neto realizado sobre el bloque por la fuerza neta es:

$$W_{\text{neto}} = F \cdot \Delta x$$

Figura 1.

Fuerza constante que desplaza un objeto.



(Pearson, 2015)

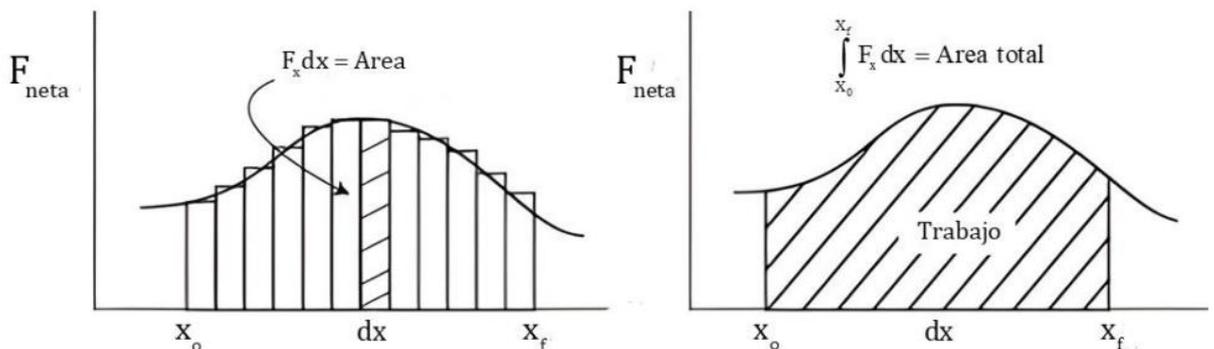
En este caso, si la fuerza no es constante en el desplazamiento desde una dimensión simplificada se denota de la siguiente manera:

$$W = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum F_T(x_i)\Delta x = \int_{x_0}^{x_f} F_T(x) dx$$

Esta integral representa el área bajo la curva en un gráfico de fuerza contra desplazamiento, como señala Young y Freedman (2012).

Figura 2.

El trabajo representado como el área bajo la curva.



De la misma manera La energía cinética E_c de un cuerpo está asociada a su movimiento y se expresa como:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

donde “m” es la masa del cuerpo y “v” su velocidad. De acuerdo con Leyva (2017), cualquier cambio en la velocidad de un objeto implica una variación en su energía cinética.

La cual se puede relación con el teorema de trabajo y energía:

$$W_{\text{neto}} = \int_{x_i}^{x_f} F dx$$

En este contexto, El teorema de trabajo y energía establece que el trabajo neto realizado sobre un objeto es igual al cambio en su energía cinética. Esto significa que las fuerzas que actúan sobre un cuerpo modifican su velocidad y, por ende, su energía cinética. Este principio deriva de la segunda ley de Newton y es fundamental para analizar sistemas dinámicos (Serway & Jewett, 2018). Es decir, al aplicar la segunda ley de Newton, se sustituye para la magnitud de la fuerza neta $\sum F = ma$ y después se realizan las siguientes manipulaciones de la regla de la cadena en el integrando:

$$W_{\text{neto}} = \int_{x_i}^{x_f} ma dx = \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv}{dt} dx$$

$$= \int_{x_i}^{x_f} m \frac{dv dx}{dx dt} dx = \int_{x_i}^{x_f} mv dv$$

$$W_{\text{neto}} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$W_{\text{neto}} = \Delta E_c = \text{area bajo la curva}$$

$$W_{\text{neto}} = E_{cf} - E_{ci}$$

Es decir, El trabajo neto realizado sobre un objeto se interpreta como el área bajo la curva fuerza-desplazamiento, lo cual corresponde directamente al cambio en su energía cinética, representando cómo las fuerzas aplicadas modifican su movimiento (Raymond, 2003).

4. EQUIPO Y MATERIALES

Tabla 1.

Lista de materiales y equipos para el proceso experimental.

Equipos y materiales	Referencia ilustrativa
Computadora o laptop.	
Software PASCO Capstone instalado.	
Interface Science Workshop 850	
Pascal Rojo ME-6950	
Sensor de fuerza de alta resolución (PS-2189)	
Soporte del sensor de fuerza (ME-6622)	
Juego de 2 finales de carrera para pista (ME-8971)	
Juego de 2 pies ajustables para pista (ME-8972)	
Pista de aluminio de 2,2 m Pasco (ME-9779)	
Sensor de movimiento PS-2103 ^a	
Cuerda elástica SE-9409	
Nivelador de burbuja	

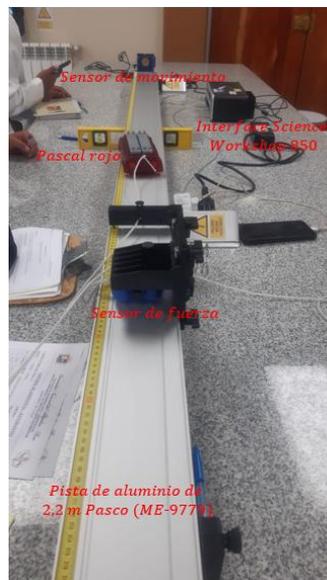
5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Montaje del experimento

1. Nivelar la pista. Utilice un nivelador de burbuja usando los pies ajustables para pista.
2. Una el sensor de alta resolución de fuerza al pascar por medio de la cuerda elástica como se muestra en la Figura 3.
3. Adjuntar un espacio de pista en frente del gancho en el sensor de fuerza (véase la Figura 3) para protegerlo de ser golpeado por el Pascar. El espacio de extremo debe ser aproximadamente 10 cm desde el gancho como se muestra en la Figura 3.
4. Coloque el sensor de movimiento al otro extremo de la pista. Asegúrese de que se encuentre perpendicular a la pista.
5. Conectar el sensor de fuerza y el sensor de movimiento a los puertos Pasport del Interfaz universal 850.
6. Adjunta el Pascar al gancho del Sensor de fuerza con la cuerda elástica a través del agujero en el tope de extremo.
7. Una el otro extremo de la cuerda elástica al orificio superior en el Pascar de manera que exista alrededor de 120 cm de cuerda entre el sensor de fuerza y el coche (el coche, no el émbolo). Fijar el final de la Pascar con el émbolo y asegúrese de que el émbolo está fuera.

Figura 3.

Maqueta experimental sobre el teorema de trabajo y energía.



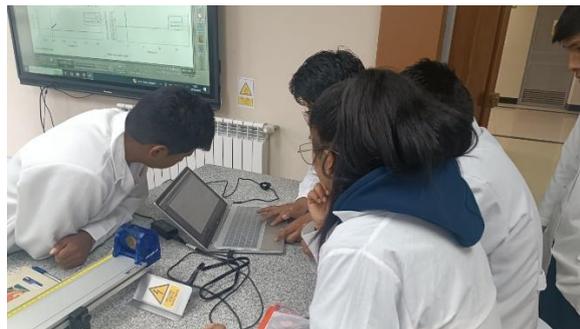
Configuración del software pasco capstone.

1. Medir la masa del Pascar.
2. Ingresar al programa Pasco Capstone.
3. Verifique si los sensores están conectados ubicándose sobre la opción configuración de hardware (Hardware Setup).
4. Ir a la opción "Calculadora" (Calculator) para declarar la variable energía cinética (E_c).
5. Generar cuatro gráficos seleccionando la opción gráfico (Graph).

6. En el primer gráfico, hacer click en la opción “Seleccionar Medición” (Select Measurement) en el eje.
- “Y” y seleccionar la opción fuerza, en el eje “X” seleccionar la opción posición respectivamente.
7. En el segundo gráfico, hacer click en la opción “Seleccionar Medición” (Select Measurement) en el eje “Y” y seleccionar la opción energía cinética (Ec), en el eje “X” seleccionar la opción posición respectivamente.
8. En el tercer gráfico, hacer click en la opción “Seleccionar Medición” (Select Measurement) en el eje “Y” y seleccionar la opción posición, en el eje “X” seleccionar la opción tiempo respectivamente.
9. En el cuarto gráfico, hacer click en la opción “Seleccionar Medición” (Select Measurement) en el eje “Y” y seleccionar la opción velocidad, en el eje “X” seleccionar la opción tiempo respectivamente.
10. Seleccione la frecuencia del sensor de fuerza en Hz.
11. Vaya a la opción de “Condiciones de grabado” (Recording Conditions), configure la posición inicial donde iniciará a tomar datos y la posición final donde finalizará el grabado.

Figura 4.

Proceso de configuración del programa de Capstone.

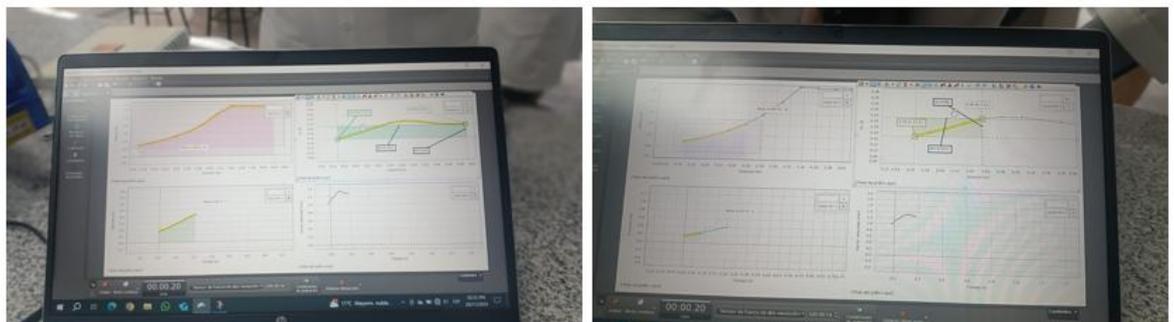


Toma de datos.

1. Arrastrar el pascar a una distancia de 3cm a 10cm del sensor de movimiento, soltar y en ese instante hacer click en el botón “grabar” (Record) del programa Capstone.
2. Tomar los datos de los gráficos del trabajo y energía cinética.
3. Anotar los datos en la tabla 2 y tabla 3.

Figura 5.

Muestra de los datos recolectados mediante los graficos.



6. RESULTADOS

Las tablas presentan los valores obtenidos durante el experimento, como fuerza, desplazamiento y velocidad, evidenciando el trabajo neto y su relación con la energía cinética.

Tabla 2.

Energías cinéticas iniciales y finales con posiciones asociadas.

N°	Ec. (final)	Ec. (inicial)	x (final)	x (inicial)
1	0.16	0.13	0.20	0.16
2	0.21	0.15	0.26	0.16
3	0.20	0.15	0.24	0.17
4	0.22	0.16	0.28	0.17
5	0.18	0.15	0.21	0.16

Para la tabla 3 se debe tomar en cuenta:

$$W_{\text{neto}} = \Delta E_c = \text{area bajo la curva}$$

De igual manera que el valor absoluto en este experimento esta expresado de la siguiente manera:

$$\text{error absoluto} = |\Delta E_c - W|$$

y el error porcentual %:

$$\text{error porcentual} = |\Delta E_c - W| \times 100$$

Tabla 3.

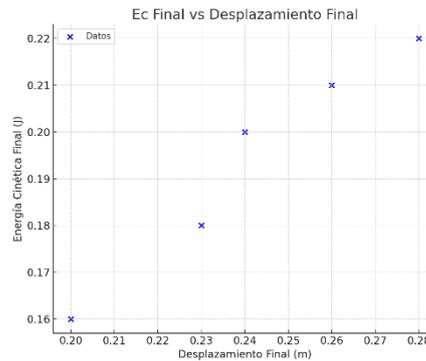
Variación de energía cinética, trabajo realizado y análisis de errores.

N°	$\Delta x = x_x - x_o$	$\Delta E_c = E_{cf} - E_{co}$	Área bajo la curva	Error absoluto	%
1	0.04	0.02	0.04	0.02	2%
2	0.10	0.06	0.09	0.03	3%
3	0.07	0.05	0.06	0.01	1%
4	0.09	0.06	0.10	0.04	4%
5	0.05	0.03	0.04	0.01	1%

7. ANALISIS DE RESULTADOS

Figura 6.

Relación de la energía cinética final con el desplazamiento final.



En este contexto, En la Tabla 2, se observan los valores de las energías cinéticas iniciales y finales para cada muestra.

Para la Muestra 1:

- $E_c^{\text{inicial}} = 0.13 \text{ J}$
- $E_c^{\text{final}} = 0.16 \text{ J}$
- La variación de la energía cinética es: $\Delta E_c = 0.16 \text{ J} - 0.13 \text{ J} = 0.03 \text{ J}$

Para la Muestra 5:

- $E_c^{\text{inicial}} = 0.15 \text{ J}$
- $E_c^{\text{final}} = 0.18 \text{ J}$
- La variación de la energía cinética es: $\Delta E_c = 0.18 \text{ J} - 0.15 \text{ J} = 0.03 \text{ J}$

Estas variaciones muestran un patrón similar, donde la variación de la energía cinética es de 0.03 J en ambas muestras, lo que indica que el cambio en la energía cinética está relacionado con el desplazamiento del objeto.

En la Gráfica 6, se muestra cómo la energía cinética final (E_c^{final}) aumenta con el desplazamiento final (x_{final}). Por ejemplo, para la Muestra 1, con un desplazamiento final de 0.20 m, la energía cinética final es 0.16 J, y para la Muestra 5, con un desplazamiento final de 0.21 m, la energía cinética final es 0.18 J. Esto confirma que, a mayor desplazamiento, mayor energía cinética, lo cual es consistente con la teoría.

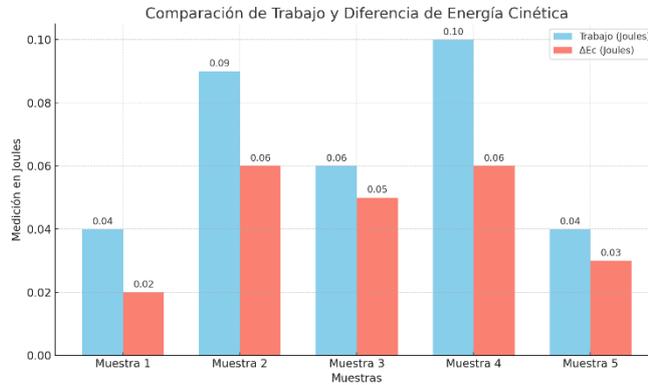
Teóricamente, el trabajo realizado sobre el objeto (W) es igual al cambio en la energía cinética (ΔE_c):

$$W = \Delta E_c$$

Este cambio en la energía cinética ocurre porque el trabajo realizado, que está relacionado con la fuerza aplicada y el desplazamiento, incrementa la energía del objeto.

Figura 7.

Contraste del Trabajo y la diferencia de Energía Cinética (W_{neto} vs. ΔE_C).



En la Tabla 3, se observan los valores de desplazamiento (Δx), variación de la energía cinética (ΔE_C), trabajo realizado y errores correspondientes para las muestras. Como la Muestra 2, el desplazamiento es 0.10m, la variación de la energía cinética es 0.06J, y el trabajo realizado es 0.09J, con un error porcentual de 3%. O la Muestra 1, el desplazamiento es 0.07m, ΔE_C es 0.05J, y el trabajo realizado es 0.06J, con un error porcentual de 1%. Donde la diferencia del valor es diferente a los valores no pasan del 10%, demostrando la fiabilidad de los datos en referencia al área de la curvatura con respecto a la experimentación de la energía cinética.

En la cual, la Gráfica 7 demuestra como la diferencia de barras entre la muestra 4 y 5 son mínimas se puede ver claramente cómo el trabajo realizado se compara con la variación de la energía cinética. En base al teorema del trabajo realizado sobre un objeto debe ser igual al cambio en su energía cinética ($W = \Delta E_C$). Las pequeñas discrepancias observadas en las gráficas pueden explicarse por factores como la fricción de la pista de aluminio o el objeto en movimiento como tal ya sea por el nivel rozamiento que tiene y su masa, al igual que las mediciones de desplazamiento y fuerza pueden no ser 100% precisas, lo que introduce pequeñas diferencias entre los valores experimentales y teóricos como es el caso del 1% y el 4%.

8. CUESTIONARIO

1. ¿Las fuerzas de rozamiento cumplen una función importante en este experimento?

Justifique su respuesta.

Sí, las fuerzas de rozamiento son cruciales porque afectan la relación teórica entre el trabajo realizado (W) y el cambio en la energía cinética (ΔE_c). Según el teorema de trabajo y energía:

$$W = \Delta E_c = E_{cf} - E_{ci}$$

En el experimento, las fuerzas de rozamiento disipan energía, introduciendo diferencias entre el trabajo medido y el cambio de energía cinética. Por ejemplo, en una superficie ideal sin rozamiento, todo el trabajo se traduce en energía cinética. Sin embargo, en este caso, la fricción reduce esta transferencia, resultando en errores porcentuales entre los datos experimentales y teóricos. Esto destaca la importancia de considerar el rozamiento al analizar la dinámica del sistema.

2. ¿Cuál es la diferencia entre el cambio de energía cinética y el trabajo realizado?

¿Cuáles son las posibles razones de esta diferencia?

El trabajo total realizado por todas las fuerzas externas incluye tanto las conservativas como las no conservativas. La diferencia entre “ W ” y “ ΔE_c ” puede expresarse como:

$$W = \Delta E_c + E_{perdida}$$

donde $E_{perdida}$ representa la energía disipada por fricción o resistencia del aire. Las razones principales de esta diferencia incluyen:

1. Rozamiento: La fricción convierte parte del trabajo en calor.
2. Imprecisiones instrumentales: Mediciones de fuerza y desplazamiento con errores.
3. Condiciones externas: como la deformación de la cuerda elástica.

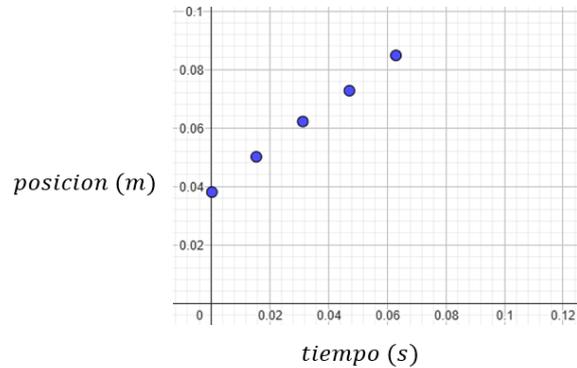
Por ejemplo, en la muestra 4, el trabajo calculado es 0.10 J, mientras que el cambio en la energía cinética es 0.06 J, resultando en un error del 4%.

3. Con los datos obtenidos, realice gráficos para posición vs. tiempo y velocidad vs. tiempo. Realice una interpretación de la forma del gráfico.

El gráfico en relación de la posición en función del tiempo está expresado por:

Figura 8.

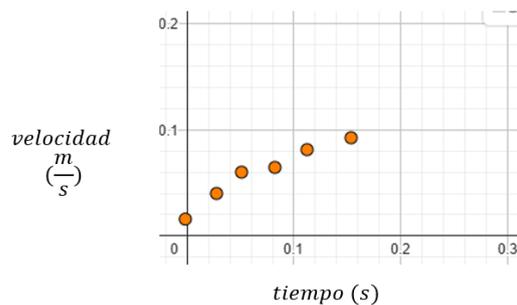
posición vs. Tiempo.



Y con respecto a la velocidad con respecto al tiempo:

Figura 9.

velocidad vs. Tiempo.



4. Considerando la pregunta anterior, determine las ecuaciones de posición y velocidad en función del tiempo, recuerde que se debe considerar el desfase.

Para determinar las ecuaciones de posición y velocidad en función del tiempo, considerando el desfase:

1. Ecuación de la velocidad:

$$v(t) = v_0 + at$$

- v_0 : Velocidad inicial del objeto (desfase de velocidad).
- a : Aceleración constante.
- t : Tiempo transcurrido.

2. Ecuación de la posición:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

- x_0 : Posición inicial del objeto (desfasaje de posición).
- $v_0 t$: Desplazamiento debido a la velocidad inicial.
- $\frac{1}{2} a t^2$: Desplazamiento adicional por la aceleración constante.

El desfasaje corresponde a las condiciones iniciales (x_0 y v_0) que ajustan las ecuaciones al punto de partida del objeto en el experimento. Estas condiciones son esenciales para describir con precisión el movimiento en sistemas reales.

5. Si estás tratando de determinar el trabajo realizado, ¿por qué crees que queremos ver una gráfica de Fuerza vs. Posición?

La gráfica de Fuerza vs. Posición es fundamental para determinar el trabajo realizado porque el trabajo (WWW) se calcula como el área bajo la curva en este tipo de gráfica. Esto se basa en la definición matemática del trabajo:

$$W = \int F dx$$

Explicación Teórica:

1. Fuerza (F): Es la magnitud que actúa sobre el objeto para moverlo.
2. Posición (x): Es la distancia recorrida por el objeto bajo la acción de la fuerza.
3. Área bajo la curva: Representa la suma acumulativa de los productos diferenciales de F y dx, es decir, el trabajo total realizado.

Donde, si la fuerza es constante, el área bajo la curva será un rectángulo, y el trabajo será: $W = F \cdot \Delta x$. Pero, si la fuerza varía con la posición, el área bajo la curva se calcula integrando la función de fuerza respecto a x.

6. ¿Cuáles son otras formas de energía mecánica? ¿Por qué crees que podemos ignorar estas otras formas de energía en este experimento?

Otras formas de energía mecánica:

1. Energía potencial gravitatoria (U_g):

Relacionada con la altura de un objeto en un campo gravitatorio. Su fórmula es:

$$U_g = mgh$$

2. Energía potencial elástica (U_e):

Asociada a la deformación de un material elástico como un resorte. Su fórmula es:

$$U_e = \frac{1}{2}kx^2$$

En el contexto del experimento del teorema de trabajo y energía, estas formas de energía se pueden despreciar debido a las siguientes razones:

1. Energía potencial gravitatoria:

No hay cambios significativos en la altura (h) del objeto, ya que el movimiento ocurre sobre una pista horizontal. Por lo tanto, U_g permanece constante y no afecta el análisis.

2. Energía potencial elástica:

Aunque se utiliza una cuerda elástica, su deformación es mínima, y no se considera un resorte ideal. En el análisis del informe, se evalúa principalmente la transferencia entre trabajo y energía cinética, ignorando cualquier aporte elástico.

3. Enfoque en energía cinética:

El objetivo del experimento es validar la relación entre el trabajo realizado y el cambio en la energía cinética ($E_c = \frac{1}{2}mv^2$), sin incluir otras transformaciones de energía mecánica.

7. ¿Se ha conservado la energía mecánica, durante el experimento? Explique dos ejemplos de fuerzas conservativas.

En este experimento, la energía mecánica no se conserva completamente debido a la presencia de fuerzas no conservativas, principalmente la fricción. La fricción disipa parte de la energía en forma de calor, lo que reduce la energía mecánica total del sistema. Como:
Fuerza gravitatoria:

En un sistema donde solo actúa la gravedad, la energía potencial gravitatoria se convierte completamente en energía cinética y viceversa, sin pérdidas. Por ejemplo, en el caso de un péndulo ideal, la energía total (cinética + potencial) se conserva.

Fuerza elástica:

En un resorte ideal, la energía potencial almacenada en el resorte se convierte en energía cinética cuando el resorte se comprime o estira, y viceversa. En este caso, la energía total también se conserva sin pérdidas, siempre que no haya fricción o deformaciones irreversibles.

Es decir, aunque la energía mecánica no se conserva en este experimento debido a la fricción, el concepto de conservación de la energía sigue siendo válido en sistemas ideales sin fuerzas no conservativas.

8. Analice dos situaciones aplicadas a su programa de estudios sobre el teorema de trabajo y energía.

Situación 1: Optimización de Algoritmos en Simuladores de Movimiento (Programación de Robots)

En programación de robots o simuladores de movimiento, el teorema de trabajo y energía se puede aplicar para calcular el trabajo realizado por un motor en función de su desplazamiento y la energía cinética asociada. Esto es útil para optimizar el rendimiento y la eficiencia del sistema.

Los algoritmos que controlan el movimiento del robot deben calcular constantemente la fuerza necesaria para mover el robot de un punto a otro, así como la velocidad. Usando el trabajo realizado, se puede determinar cuánta energía cinética ganará el robot y ajustarse en consecuencia. Este cálculo es esencial para programar trayectorias eficientes y para predecir el consumo de energía del robot.

Situación 2: Simulación de Movimiento en Juegos o Gráficos Computacionales

En la programación de videojuegos o simuladores gráficos, el teorema de trabajo y energía se puede aplicar para calcular cómo se mueve un objeto bajo la influencia de fuerzas, y cómo cambia su energía cinética. Esto es útil para crear simulaciones más realistas y dinámicas.

En un juego, los objetos a menudo se mueven debido a la aplicación de fuerzas (como la gravedad o la fricción). Programando estas interacciones, se pueden calcular el trabajo realizado por estas fuerzas y cómo esto afecta la velocidad y la posición de los objetos en el juego. Por ejemplo, al aplicar una fuerza sobre un personaje, se puede usar el teorema para calcular la velocidad alcanzada por el personaje en función del trabajo realizado sobre él.

9. CONCLUSIONES

En conclusión, Los datos obtenidos confirman que el trabajo neto realizado sobre un objeto es equivalente al cambio en su energía cinética, respaldando la validez del teorema de trabajo y energía. Sin embargo, para mejorar la precisión, se sugiere emplear sensores de fuerza y movimiento con mayor resolución, capaces de captar variaciones más sutiles en los datos experimentales.

Las fuerzas de rozamiento influyeron en los resultados, generando pérdidas de energía no contempladas en el modelo teórico. Para minimizar su impacto, sería ideal realizar el experimento en superficies con fricción reducida, como pistas de materiales antifricción o empleando sistemas de suspensión magnética.

Se detectaron errores derivados de la calibración y la alineación de los instrumentos utilizados, lo que subraya la importancia de ajustar y verificar todos los equipos antes del inicio del experimento. También se recomienda incrementar el número de repeticiones por muestra para reducir la dispersión en los valores registrados.

Aunque los errores absolutos y porcentuales estuvieron dentro de rangos aceptables, se podría reducir aún más su impacto promediando datos de múltiples ejecuciones y utilizando herramientas de análisis estadístico más avanzadas. Esto permitiría mejorar la confianza en los resultados obtenidos.

La experimentación valida no solo el principio teórico, sino que también demuestra su aplicabilidad en el diseño de sistemas dinámicos. En este sentido, se sugiere complementar los ensayos experimentales con simulaciones computacionales que modelen las fuerzas presentes, evaluando escenarios donde las fuerzas no conservativas jueguen un papel predominante.

Finalmente, optimizar las condiciones del experimento, como garantizar la horizontalidad perfecta de la pista, eliminar tensiones adicionales en la cuerda elástica y asegurar la estabilidad de los sensores, contribuirá a una mayor fiabilidad en los datos, reduciendo las discrepancias entre los valores teóricos y experimentales.

10. REFERENCIAS

- Leyva, J. (2017). Principios básicos de física. Editorial Académica.
- Pearson. (2015). Fundamentals of Physics. New York: Pearson.
- Raymond, S. (2003). Physics for Scientists and Engineers. Editorial McGraw-Hill.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. Cengage Learning.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2012). University Physics. Addison-Wesley.