

COEFICIENTE DE FRICTION

Carlos Serrato (2178166), Brandon Calderón (2125974), Jheremy Delgado (2026357)

carlos.serrato@correounalvalle.edu.co, calderon.brandon@correounalvalle.edu.co,
jheremy.delgado@correounalvalle.edu.co

Laboratorio de Física 1

4.7

Fecha de realización: 17/10/2023

Fecha de entrega: 31/10/2023

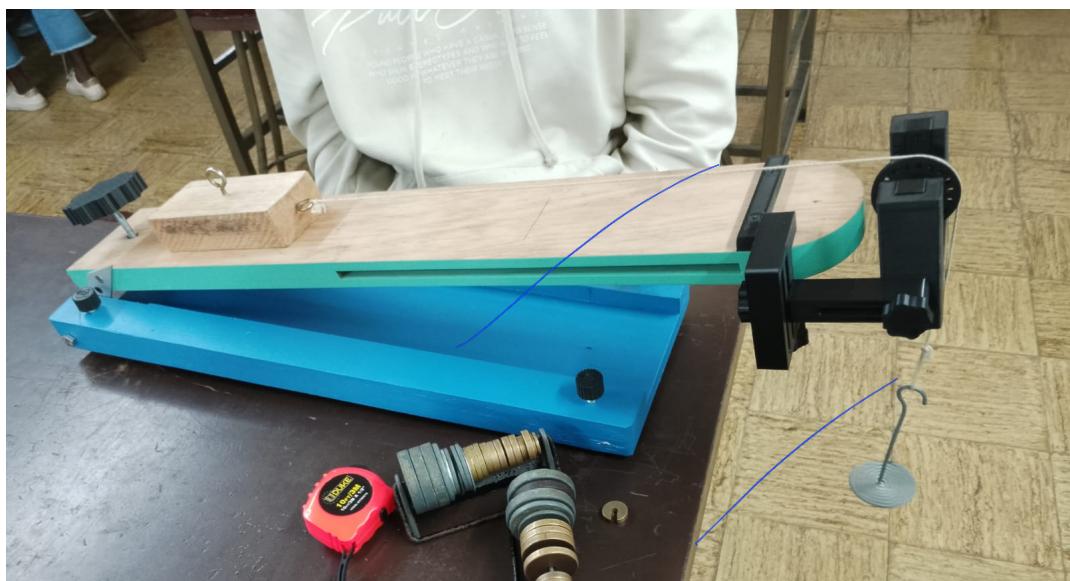
RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo marcar la relevancia de la fricción en la vida cotidiana, pues aunque por medio de análisis matemático este suele presentar un valor bastante ínfimo en comparación a otras fuerzas, afecta en gran medida el resultado final. Es por esto que se tomaron diferentes mediciones de un objeto en caída por un plano inclinado en donde se varía el ángulo de inclinación, donde el objeto presenta diferentes superficies y, por lo tanto, diferentes resultados. Se analizará este fenómeno a lo largo de la práctica y se buscará esclarecer en qué condiciones el resultado se ve más afectado.

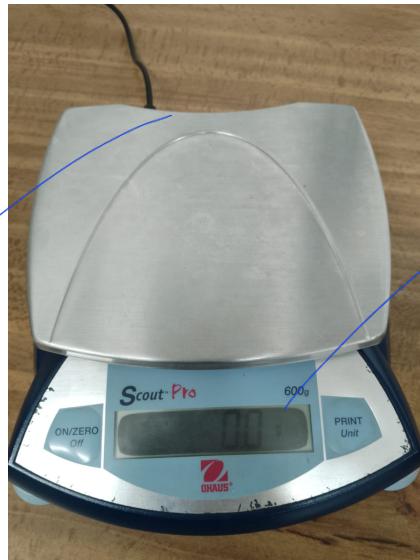
pedir escribir los resultados que obtienen

1. OBSERVACIONES Y METODOLOGÍA

Se utilizó una estructura que consta de una polea conectada a un cronolab. En un extremo de la polea se encuentra un porta pesas con un peso de $50,2g \pm 0,1g$. En el otro extremo, hay un objeto de madera aferrado a una cuerda, que está conectada al portapesas y pasa a través de la polea en el centro de la estructura.



Se variará el ángulo de la estructura y se ajustará el peso del objeto o del porta pesas según el experimento específico que se esté llevando a cabo. En el informe se detallarán las condiciones y los valores asignados a cada objeto durante los experimentos. En la imagen se pueden observar también las pesas utilizadas que ayudarán a ampliar la cantidad de experimentos posibles con la estructura.



Se utilizó también una báscula digital con un error de $\pm 0,1g$ y el ángulo de inclinación se calculó por medio de la aplicación de cronolab que hace uso del acelerómetro interno del celular.

2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Determinación del coeficiente de fricción estático

- **Plano inclinado.**

Partiendo de la primera ley de Newton, se tiene que:

$$\sum \vec{F} = \vec{N} + \vec{w} + \vec{f}_s = 0$$

$$\sum F_x = f_s - mg \sin \theta = 0$$

$$\sum F_y = N - mg \cos \theta = 0$$

De estas ecuaciones se puede despejar tanto N como f_s :

$$N = mg \cos \theta \quad \text{y} \quad f_s = mg \sin \theta \quad (3)$$

Recordando la forma general de la fuerza de fricción ($f = \mu_s N$), se pueden usar las igualdades de (3) para hallar μ_s :

$$mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta \quad \mu_s = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta \quad (4)$$

- Plano horizontal.

Partiendo de la primera ley de Newton, se tiene que:

- m_1 :

$$\sum \vec{F} = \vec{N} + \vec{w} + \vec{T} + \vec{f}_s = 0$$

$$\sum F_x = T - f_s = 0$$

$$\sum F_y = N - w = 0$$

- m_2 :

$$\sum \vec{F} = \vec{w} + \vec{T} = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = T - w = 0$$

Debido a que la masa de la cuerda es despreciable, la cuerda es inextensible, la polea no rota y la fricción en el rodamiento es despreciable, se puede considerar que la tensión en la cuerda es igual en ambos extremos.

De las ecuaciones de m_1 se tiene que $T = f_s$ y $N = w_1$, de las ecuaciones de m_2 se tiene que $T = w_2$. Igualando las tensiones se tiene que:

$$f_s = w \quad \mu_s N = m_2 g \quad \mu_s m_1 g = m_2 g \quad \mu_s = \frac{m_2}{m_1} \quad (5)$$

Determinación del coeficiente de fricción cinético

- **Plano inclinado.**

- m_1 :

$$\sum \vec{F} = \vec{N} + \vec{w} + \vec{T} + \vec{f}_k = ma$$

$$\sum F_x = T - w_x - f_k = ma \quad (6)$$

$$\sum F_y = N - w = 0$$

- m_2 :

$$\sum \vec{F} = \vec{T} + \vec{w} = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = w - T = ma$$

Debido a las características del sistema, diremos que los dos cuerpos (m_1 y m_2) comparten tanto la aceleración como la tensión.

De las ecuaciones de m_1 se tiene que $N_1 = w_1 = m_1 g \cos \theta$ y además sabemos que $f_k = \mu_k N_1 = \mu_k m_1 g \cos \theta$. De las ecuaciones de m_1 se tiene que $T = w_2 - m_2 a = m_2(g - a)$. Reemplazando estas igualdades en (6) podemos despejar la aceleración del sistema:

$$\begin{aligned} m_2(g - a) - m_1 g \sin \theta - \mu_k m_1 g \cos \theta &= m_1 a \\ \mu_k = \frac{m_2(g-a)-m_1(a+gsin\theta)}{m_1gcos\theta} &= \frac{(m_2-m_1sin\theta)g-(m_1+m_2)a}{m_1gcos\theta} \quad (7) \end{aligned}$$

- **Plano horizontal.**

En esta situación es un caso específico del anterior, donde se tiene un $\theta = 0^\circ$, la fórmula simplificada será:

$$\mu_k = \frac{m_2g - (m_1 + m_2)a}{m_1g} \quad (8)$$

Primer experimento:

Se realizó el primer experimento con solo la masa del objeto de madera que tenía un peso de $225,6g \pm 0,1g$. En este experimento no se utilizó la polea, solo se colocó el objeto en el lado contrario al resto de los siguientes experimentos (en el lado de la polea) y se incrementó el ángulo del plano hasta encontrar el punto donde se desplazó el objeto.



Se obtuvieron 3 ángulos en los que se rompió la fricción, estos fueron tomados con la ayuda de un transportador y se promediaron de la siguiente manera:

- Para el objeto con mayor área de fricción:

$$\frac{23^\circ + 24^\circ + 24,1^\circ}{3} = 24,3^\circ \pm 0,1^\circ$$

- Para el objeto con menor área de fricción:

$$\frac{21,4^\circ + 23,1^\circ + 21,1^\circ}{3} = 21,8^\circ \pm 0,1^\circ$$

Podemos notar que el área de mayor superficie presenta un mayor ángulo antes de que el objeto deje de estar en reposo y caiga, esto sucede porque la fuerza de fricción es mayor en el objeto.

Segundo experimento:

Se realizó el mismo procedimiento del experimento anterior, pero esta vez se sumó más peso al objeto de madera y se obtuvieron los siguientes resultados:



Con un peso total de $40,1g \pm 0,1g$ se obtuvieron los siguientes ángulos de ruptura de fricción:

- Para el objeto con mayor área de fricción:

$$\frac{30,5^\circ + 27^\circ + 30,5^\circ}{3} = 29,3^\circ \pm 0,1^\circ$$

- Para el objeto con menor área de fricción:

$$\frac{25,2^\circ + 24,6^\circ + 27,3^\circ}{3} = 25,7^\circ \pm 0,1^\circ$$

Tercer experimento:

Con un ángulo de 0° se incrementó el peso del porta pesas con delicadeza con el fin de encontrar el punto de ruptura de fricción, aquí se utilizó la polea pero sin tomar mediciones por medio de CronoLab. A partir de aquí se sumó directamente el portapesas y la pesas en la balanza para así no aumentar el error posible de medición, el peso obtenido fue de $141,4g \pm 0,1g$.



Cuarto experimento:

Con un ángulo de 10° con el mismo procedimiento del experimento anterior, el peso obtenido fue de $196,5\text{g} \pm 0,1\text{g}$.



Quinto experimento:

A partir de aquí se utilizó la herramienta cronolab, en este experimento se colocó el plano en ángulo 0° . Aquí ya se había obtenido un peso gracias al experimento 3, que es de $141,4\text{g} \pm 0,1\text{g}$ y se obtuvieron 30 muestras de tiempos (en segundos), además se repitió 3 veces el proceso.

Experimento 5		
Intento 1	Intento 2	Intento 3
0,07245	0,02522	0,01357
0,11558	0,04890	0,02675
0,15027	0,07091	0,03994
0,18086	0,09165	0,05274
0,20736	0,11187	0,06541
0,23155	0,13158	0,07795
0,25421	0,15078	0,09037
0,27584	0,16896	0,10266
0,29568	0,18662	0,11443
0,31501	0,20365	0,12621
0,33344	0,22029	0,13786
0,35110	0,23590	0,14950
0,36813	0,25357	0,16090
0,38451	0,25766	0,17216
0,40026	0,27302	0,18317
0,41587	0,28800	0,19392
0,43110	0,30259	0,20454
0,44570	0,31706	0,21517
0,46003	0,33139	0,22566
0,47437	0,34534	0,23578
0,48845	0,35891	0,24602
0,50240	0,37248	0,25600
0,51597	0,38566	0,26509
0,52928	0,39872	0,26701
0,54234	0,40960	0,27149
0,55539	0,42419	0,27443
0,56781	0,43686	0,27661
0,58035	0,44902	0,28378
0,59264	0,46093	0,28890
0,60467	0,47283	0,33382

Ajustes Medida #1

MATRIZ DE CÁLCULO (3x2)

0.538935746	0.101953425
0.005197490	0.002554585
0.999937946	0.001237969

a	b
Δa	Δb
R	

RESULTADO AJUSTE

$$\begin{array}{lll} a = & 0.539 & \pm 0.005 \\ b = & 0.102 & \pm 0.003 \end{array}$$

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

$$\begin{array}{lll} \text{Aceleración} = & 1.078 & \pm 0.010 \text{ m/s}^2 \\ \text{Vo} = & 0.102 & \pm 0.003 \text{ m/s} \end{array}$$

Ajustes Medida #2

MATRIZ DE CÁLCULO (3x2)

#####	#####
#####	#####
#####	#####

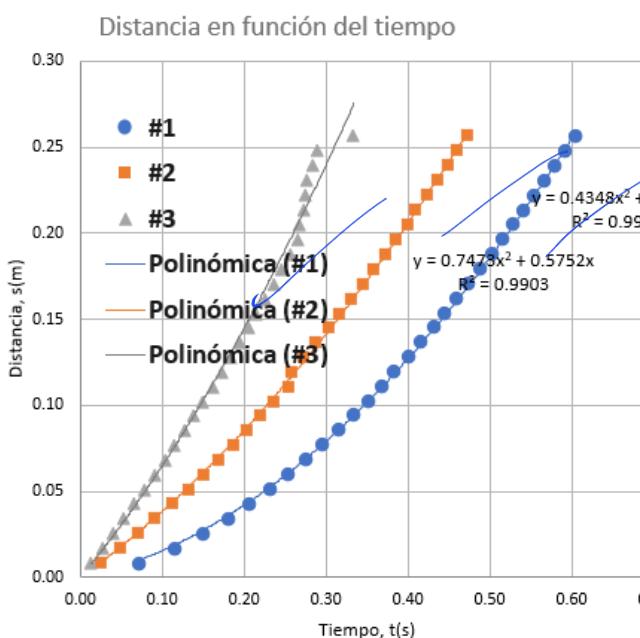
a	b
Δa	Δb
R	

RESULTADO AJUSTE

$$\begin{array}{lll} a = & 0.435 & \pm 0.012 \\ b = & 0.341 & \pm 0.005 \end{array}$$

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

$$\begin{array}{lll} \text{Aceleración} = & 0.870 & \pm 0.024 \text{ m/s}^2 \\ \text{Vo} = & 0.341 & \pm 0.0046 \text{ m/s} \end{array}$$



Ajustes Medida #3

MATRIZ DE CÁLCULO (3x2)

0.747274947	0.575187706
0.120655592	0.030432962
0.997686249	0.007559334

a	b
Δa	Δb
R	

RESULTADO AJUSTE

$$\begin{array}{lll} a = & 0.747 & \pm 0.121 \\ b = & 0.575 & \pm 0.030 \end{array}$$

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

$$\begin{array}{lll} \text{Aceleración} = & 1.495 & \pm 0.241 \text{ m/s}^2 \\ \text{Vo} = & 0.575 & \pm 0.0304 \text{ m/s} \end{array}$$

Sexto experimento:

Aquí se aplicó el mismo procedimiento del experimento anterior, solo que se utilizó un ángulo de 20° y el peso con el que se rompió el estado estático del objeto fue de $201,6g \pm 0,1g$.

Experimento 6		
Intento 1	Intento 2	Intento 3
0,050792	0,036704	0,025216
0,093624	0,071456	0,049248
0,131032	0,103520	0,072416
0,163928	0,133440	0,095392
0,193832	0,161472	0,117472
0,222184	0,188160	0,138688
0,249032	0,213632	0,158880
0,275032	0,238240	0,178752
0,299808	0,261824	0,198144
0,323192	0,284000	0,217504
0,345696	0,305568	0,235872
0,367936	0,326432	0,254112
0,389496	0,346528	0,271936
0,410456	0,366432	0,289440
0,430416	0,385888	0,306528
0,449816	0,405440	0,323264
0,468744	0,423840	0,339648
0,487632	0,441632	0,356096
0,505496	0,459328	0,372320
0,523352	0,477152	0,388192
0,540848	0,494464	0,403616
0,55796	0,511488	0,419008
0,574744	0,528096	0,434208
0,591152	0,544352	0,449248
0,607208	0,560480	0,463872
0,623248	0,576576	0,478368
0,63904	0,592352	0,492576
0,65444	0,607680	0,506880
0,669496	0,623104	0,520480
0,68456	0,638368	0,534080

Ajustes Medida #1

MATRIZ DE CÁLCULO (3x2)

$$\begin{matrix} 0.308872740 & 0.164399806 \\ 0.001666036 & 0.000923156 \\ 0.999989584 & 0.000507190 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} a & b \\ \Delta a & \Delta b \\ R \end{matrix}$$

RESULTADO AJUSTE

$$\begin{matrix} a = 0.309 & \pm 0.002 \\ b = 0.164 & \pm 0.001 \end{matrix}$$

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

$$\begin{matrix} \text{Aceleración} = 0.618 & \pm 0.003 \text{ m/s}^2 \\ V_0 = 0.164 & \pm 0.001 \text{ m/s} \end{matrix}$$

Ajustes Medida #2

MATRIZ DE CÁLCULO (3x2)

$$\begin{matrix} 0.284529835 & ##### \\ 0.001594151 & ##### \\ 0.999992852 & ##### \end{matrix}$$

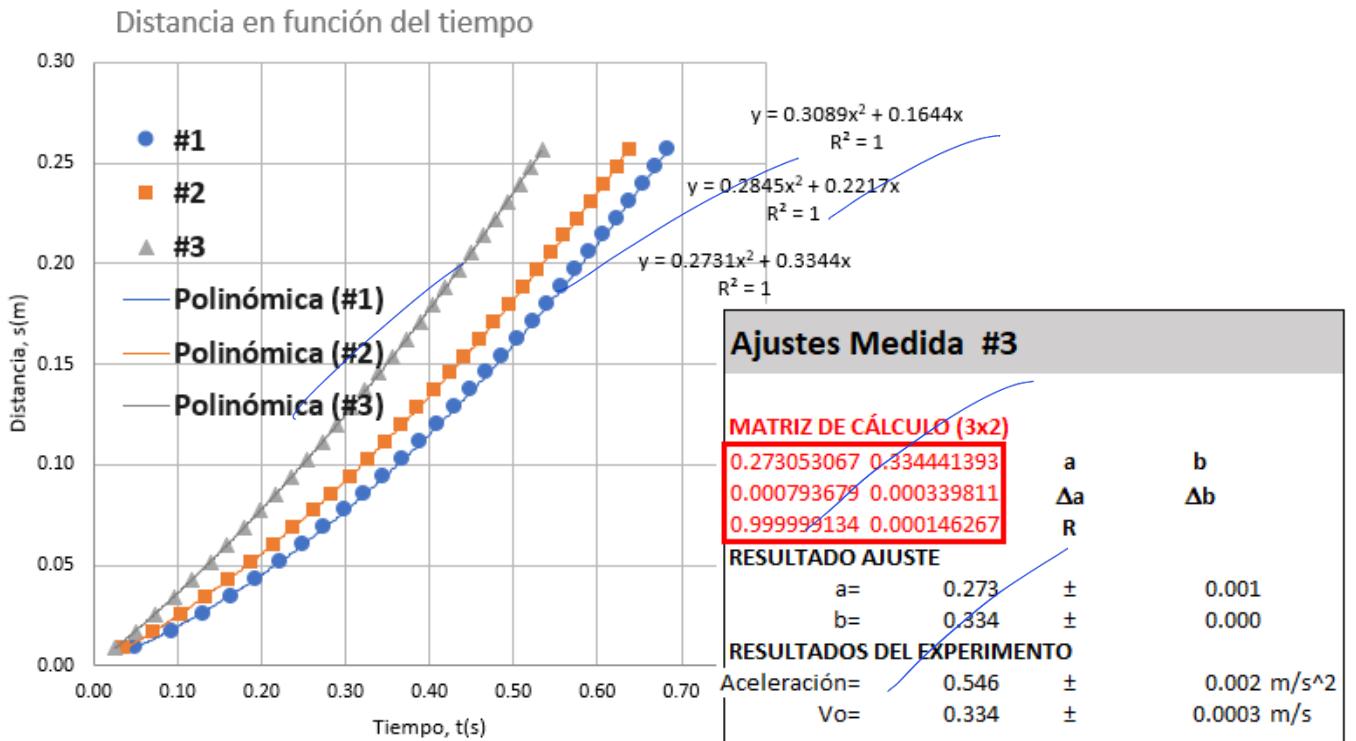
$$\begin{matrix} a & b \\ \Delta a & \Delta b \\ R \end{matrix}$$

RESULTADO AJUSTE

$$\begin{matrix} a = 0.285 & \pm 0.002 \\ b = 0.222 & \pm 0.001 \end{matrix}$$

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

$$\begin{matrix} \text{Aceleración} = 0.569 & \pm 0.003 \text{ m/s}^2 \\ V_0 = 0.222 & \pm 0.0008 \text{ m/s} \end{matrix}$$



3. SOLUCIÓN A PREGUNTAS DE LA PRÁCTICA

Con el modelamiento de los montajes experimentales a través de ecuaciones, podemos usar los resultados a los que llegamos para hallar los coeficientes de fricción.

m1			
Mayor superficie		Menor superficie	
Largo +- 0,1cm	Ancho +- 0,1cm	Largo	Ancho
14,7	6,7	14,7	3,7
Área (cm ²)	98,49	Área (cm ²)	54,39
Incertidumbre	2,14	Incertidumbre	1,84

Determinación del coeficiente de fricción estático

- Plano inclinado.

Plano inclinado			
Área con mayor superficie		Área con menor superficie	
Intento	Ángulo (grados) +- 0,1 grados	Intento	Ángulo (grados) +- 0,1 grados
1	23	1	21,4
2	24	2	23,1
3	26	3	21,1
Promedio	24,33	Promedio	21,87
Promedio		23,1	
Coeficiente		0,43	

Con los datos que se obtuvieron, se puede reemplazar en (4) para hallar μ_s :

- Área con mayor área.

$$\mu_s = \tan 24,33^\circ = 0,45$$

- Área con menor área.

$$\mu_s = \tan 21,87^\circ = 0,40$$

El coeficiente del promedio de los dos promedios es:

$$\mu_s = \tan 23,1^\circ = 0,43$$

- Plano horizontal.

Reemplazando en (5) los datos obtenidos:

$$\mu_s = \frac{225,6}{141,6} = 0,63$$

Podemos comparar los coeficientes de fricción estáticos que se obtuvieron para el bloque m_1 sin masa adicional, para el plano inclinado y para el plano horizontal.

Diferencias porcentuales	
Plano inclinado / Plano horizontal	31,95

Determinación del coeficiente de fricción cinético

- Plano inclinado.

Se hicieron tres intentos que arrojaron las siguientes aceleraciones:

Plano inclinado (201,6g +- 0,1g)		
Intento	Aceleración (m / s^2)	Incertidumbre (m / s^2)
1	0,618	0,003
2	0,569	0,003
3	0,546	0,002
Promedio	0,582	0,008
Ángulo (grados)	20	
m1	225,6	
m2	201,6	
Coeficiente	0,467	

Reemplazando en (5) los datos obtenidos:

$$\mu_k = \frac{(m_2 - m_1 \sin\theta)g - (m_1 + m_2)a}{m_1 g \cos\theta}$$

$$\mu_k = \frac{(201,6 - 225,6 * \sin 20^\circ)(9,8) - (201,6 + 225,6)(0,582)}{(225,6)(9,8)\cos 20^\circ}$$

$$\mu_k = 0,47$$

- Plano horizontal.

Plano horizontal (141,4g +- 0,1g)		
Intento	Aceleración (m / s^2)	Incertidumbre (m / s^2)
1	1,078	0,010
2	0,87	0,024
3	1,495	0,241
Promedio	1,287	0,275
m1	225,6	

m2	141,6
Coeficiente	0,414

$$\mu_k = \frac{m_2 g - (m_1 + m_2) a}{m_1 g} = \frac{(141,6)(9,8) - (225,6 + 141,6)(1,287)}{(225,6)(9,8)} = 0,41$$

Los resultados encontrados no son muy concluyentes, pues se esperaría que los coeficientes de fricción cinética sean en los dos casos menores a los estáticos, situación que solo ocurren en el coeficiente de fricción cinético hallado en el montaje del plano horizontal. Se atribuyen estos resultados a errores presentes en la realización de los experimentos, tanto de carácter humano como instrumentales. Se notó que en este laboratorio se repitieron los experimentos más de lo usual, esto debido a inconsistencias que se encontraban en los resultados, hecho que refuerza la necesidad de revisar cuidadosamente los procedimientos experimentales y la calibración de los instrumentos utilizados.

4. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este experimento en el laboratorio de física, hemos explorado la influencia del coeficiente de fricción, representado por μ , en el movimiento de un cuerpo sobre un plano inclinado. Observamos que este coeficiente puede manifestarse como estático o cinético, y el coeficiente de rozamiento cinético en un plano inclinado se iguala a la tangente del ángulo en el cual el cuerpo se desliza sin aceleración, manteniendo una velocidad constante. Notamos que esta relación también se extiende al coeficiente estático, el cual también depende de la tangente del ángulo.

Una conclusión significativa de nuestras observaciones es que a medida que la superficie se vuelve más áspera, la fuerza de rozamiento aumenta. Además, confirmamos que a mayor fuerza de rozamiento, se requiere una fuerza aplicada mayor para iniciar el movimiento del objeto. Los coeficientes estático y cinético demostraron depender de las condiciones de preparación y de la naturaleza de las superficies, mostrando una relativa independencia del área de contacto.

La calidad de pulido de las superficies de la caja de madera también se reveló como un factor determinante: a mayor pulido, menor es la fuerza de rozamiento. Observamos que el peso del cuerpo influye en el coeficiente de rozamiento estático, siendo más pronunciado con masas mayores.

Resulta crucial destacar que el coeficiente de rozamiento es independiente del área de contacto y siempre se opone al desplazamiento de los cuerpos sobre diversas superficies. Además, identificamos que el coeficiente de rozamiento estático está directamente vinculado al ángulo que forma el plano con la horizontal, siendo igual a su tangente.

A través de este laboratorio, hemos ganado una comprensión más profunda del fenómeno del rozamiento, reconociéndose como una fuerza presente en nuestras vidas. Entendemos que esta fuerza se genera cuando dos superficies entran en contacto, ya sea en un plano inclinado o una superficie plana, y que el rozamiento persiste, a menos que una de las superficies sea completamente lisa, evitando así el contacto.

Al aplicar fórmulas específicas de rozamiento en este experimento, hemos obtenido una aproximación precisa de la fuerza generada. Nuestros resultados respaldan la conclusión de que la fuerza de rozamiento depende del peso o la masa del cuerpo, y no del área en contacto ni de la velocidad alcanzada por el cuerpo. En resumen, hemos logrado diferenciar y comprender las funciones de los coeficientes de fricción al explorar diversos factores como la naturaleza de la superficie, el peso y el pulido de la madera, enriqueciendo así nuestro conocimiento sobre este fenómeno físico.

BIBLIOGRAFÍA

- Fricción. (s/f). StudySmarter ES. Recuperado el 9 de noviembre de 2023, de <https://www.studysmarter.es/resumenes/fisica/mecanica-clasica/friccion/>
- Sepulveda, E. M. (s/f). Fricción. Fisicaenlinea.com. Recuperado el 9 de noviembre de 2023, de <https://www.fisicaenlinea.com/06fuerzas/fuerzas03-friccion.html>
- Fernández, J. L. (s/f). Rozamiento o Fricción. Fisicalab.com. Recuperado el 9 de noviembre de 2023, de <https://www.fisicalab.com/apartado/rozamiento>
- Llewellyn, P. (2020, octubre 8). ¿Qué es fricción? - CBM CONNECT® en Español. CBM CONNECT® En Español. <https://esp.cbmconnect.com/que-es-friccion/>
- Friction. (s/f). Gsu.edu. Recuperado el 9 de noviembre de 2023, de <http://www.hyperphysics.gsu.edu/hbasees/frict2.html>