

### Manual de prácticas de laboratorio

Programa educativo	Plan de estudios	Clave asignatura	Nombre de la
Ingeniería Aeroespacial Ingeniería en tecnología de procesos	2018	LCB103	Física Básica
Nombre del laboratorio		Laboratorio de Física Básica	
Práctica No.	Nombre de la práctica		Horas de práctica
1	Análisis de un registro de posición y tiempo hecho con un cronometro digital		1
2	Movimiento lineal con velocidad constante		1
3	Movimiento lineal con aceleración constante		1
4	Caída Libre		1
5	Relación alcance-velocidad inicial de un proyectil		1
6	Alcance de un proyectil		1
7	Relación entre fuerza y aceleración		1
8	Relación entre aceleración y masa		1
9	Principio del trabajo y la energía		2
10	Principio de la conservación de la energía		2
11	Colisiones elásticas		2
12	Colisiones Inelásticas		2

Atributos

<b>Fecha</b>	<b>Nombre del profesor</b>	<b>Firma</b>

---

## Práctica No. 1

---

### Resultados de aprendizaje

Obtener y analizar gráficamente el registro de posición y tiempo, de un cuerpo que se mueve sobre una superficie sin rozamiento y sobre el cual actúa una fuerza constante.

---

### Fundamento

Como primer paso en el estudio del movimiento, se debe describir la posición de un objeto móvil como función del tiempo. Tal descripción es importante porque nos indica por una parte, la naturaleza del movimiento, es decir, si se efectúa con velocidad constante o variable, y por la otra se puede obtener Información cuantitativa de las variables cinemáticas (posición, velocidad, aceleración, etc.). Además, si empleamos los métodos gráficos y analíticos, se puede encontrar por ejemplo las relaciones funcionales que existen entre las variables cinemáticas y el tiempo.

El experimento se planea de la siguiente manera: Para efectuar el registro de posición y tiempo, de un cuerpo que se mueve bajo la acción de una fuerza constante y sobre una superficie sin rozamiento; se emplea el Sistema de Flotación Lineal como superficie exenta de rozamiento y un deslizador con poste de interrupción, al cual se le aplica una fuerza constante empleando el Método de Pesas y Polea.

Para determinar la posición del móvil como función del tiempo; se desarrolla un registro simple empleando el Cronometro Digital.

Analizando la gráfica obtenida se podrá determinar la ecuación que satisface el movimiento del cuerpo.

---

### Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
  2. Impulsor de Aire FICER.
  3. Cronómetro Digital FICER.
  4. Deslizador con poste de interrupción.
  5. Juego de pesas, portapesas y polea.
  6. Interruptor optoelectrónico.
  7. Electromagneto de sujeción.
- 

### Desarrollo

1. El equipo se instala como se indica en la figura 1.

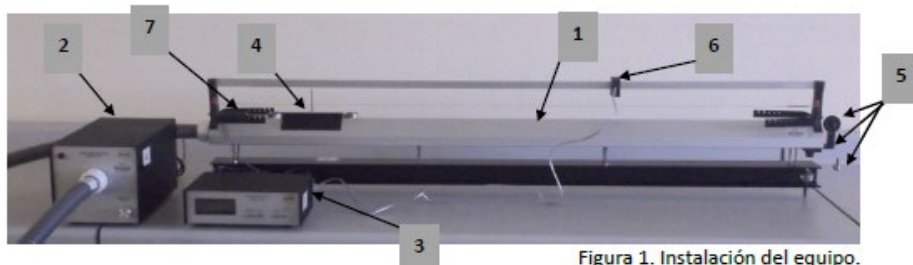


Figura 1. Instalación del equipo.

2. Seleccione 7 puntos sobre la regla metálica, todos espaciados uniformemente (cada 10 cm).
3. Efectúe un registro de posición y tiempo para cada uno de los siete puntos seleccionados, con la finalidad de que obtenga un mejor resultado en la medición de la variable "t". Se recomienda que la repita 3 veces sobre el mismo punto, luego calcule la Media aritmética "t" de dichas mediciones y tómela como el valor de "t" en ese punto. También, para que estime la precisión y exactitud de dicha medición, calcule la desviación estándar "s" y su error estándar "Sn" de la medición. Empleando la ecuación 1 y 2.

$$1) \quad s = \sqrt{\frac{(y_1 - \bar{y})^2 + (y_2 - \bar{y})^2 + (y_3 - \bar{y})^2 + \dots + (y_n - \bar{y})^2}{n}}$$

$$2) \quad s_n = \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

4. Los datos de posición "x" y tiempo "t" obtenidos experimentalmente se registran en una Tabla.
5. Coloque los datos anteriores en un Sistema de Coordenadas Rectangulares empleando papel milimétrico. Considere a la variable "x" como independiente, asignándole el eje de abscisas y a la variable "t" como dependiente, asignándole el eje de las ordenadas, como se muestra en la figura 2. Dibuje a través de la colección de puntos o lo más cercana a ellos, una curva de trazos suaves.

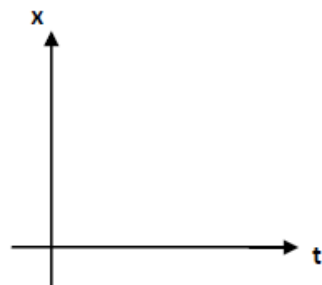


Figura 2. Sistema coordenado para graficar x en función de t.

6. Repita el paso 4 y construya una nueva Tabla, como se indica:
7. Coloque los datos de la Tabla II en un nuevo Sistema Coordenado Rectangular, como se indica en la figura 3.

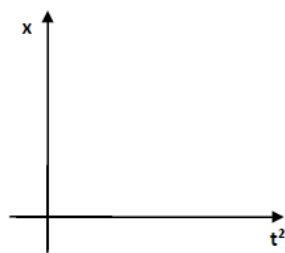


Figura 3. Sistema coordenado para graficar  $x$  en función de  $t^2$ .

8. Por el Método de Libre Ajuste, una los puntos, si ésta corresponde a una línea recta, encuentre la ecuación de dicha recta. De esta manera, puede usted obtener un modelo matemático del movimiento.

---

## Cálculos y resultados

**Tabla 1.**

x(metro)	tiempo t1	tiempo t2	tiempo t3	t Promedio (seg)
0.1				
0.2				
0.3				
0.4				
0.5				
0.6				
0.7				

**Tabla 2**

x(metro)	t <sup>2</sup> promedio <sup>2</sup> (seg <sup>2</sup> )
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	
0.6	
0.7	

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice las gráficas, e indique si cumplió el objetivo planteado, dé respuesta y justificación. Detecte todas las posibles fuentes de error de su experimento. Repita el experimento si es necesario para minimizar los errores. Compare los nuevos resultados con los del experimento y modelo anterior.

---

## Rerefencias Bibliograficas

---

## Anexos

---

## Práctica No. 2

# MOVIMIENTO LINEAL CON VELOCIDAD CONSTANTE

---

### Resultados de aprendizaje

Obtener en forma experimental la relación que determina al desplazamiento en función del tiempo para un cuerpo que se mueve en línea recta con velocidad constante.

---

### Fundamento

Para analizar el movimiento de un cuerpo, es necesario primeramente especificar un punto en particular que sirva como referencia, luego, se debe indicar a que distancia está el cuerpo en un cierto instante del punto en cuestión y por último, se debe considerar el sentido del movimiento. Los desplazamientos representan diferencias entre dos posiciones por lo cual se ha adoptado una manera general de representarlas, que es mediante la letra griega Delta mayúscula " $\Delta$ ". Haciendo uso de ella, se podrá representar "diferencias", "variaciones", "intervalos" o en general, "cambios" entre coordenadas.

Para hacer la parte analítica del experimento, se puede comparar los desplazamientos correspondientes a los intervalos de tiempo conocidos, con el fin de identificar en cuales se movió más rápido el cuerpo, en cuales cambio de sentido el movimiento, etc.

Por consiguiente, si para intervalos de tiempo " $\Delta t$ " iguales, los desplazamientos " $\Delta x$ " correspondientes son también iguales, entonces, dichos desplazamientos deberán ser proporcionales a los intervalos de tiempo, es decir,  $\Delta x \propto \Delta t$ . Al expresar lo anterior en forma de ecuación, aparecerá una constante llamada "la velocidad", esto es:

1)  $\Delta x = v \Delta t$

Despejando a la velocidad " $v$ ", se obtiene:

2)  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Por otro lado, es conveniente algunas veces conocer la velocidad que promedia un cuerpo entre dos puntos de su recorrido, para ello se define la 'velocidad media' entre dos puntos.

Para tratar de determinar la relación existente entre el desplazamiento que recorre un cuerpo y el tiempo que tarda en hacerlo, es conveniente desarrollar el experimento sobre una superficie casi libre de fricción y restringir el movimiento a una trayectoria lineal.

Para hacer el registro de posición " $x$ " y tiempo " $t$ ", se utiliza el Generador de Chispas, una cinta de papel de registro y un deslizador con electrodo de chispeo.

PELIGRO. Cuando el Generador de Chispas se encuentre funcionando, no se deberá tocar ni la regla ni la línea de alto voltaje.

El registro que se haga deberá terminarse antes de que el deslizador llegue al otro extremo del Sistema de Flotación, esto con el fin de evitar traslape de puntos en el papel de registro al regresar el deslizador.

Una vez que se vaya terminado el registro, se deberá apagar el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, después se retirará el papel de registro y se marcarán los puntos del registro, por ejemplo, encerrando cada uno de ellos por un círculo. Ya marcados los puntos de

registro, deberá medirse las distancias entre cada par de ellos, estas distancias serán los desplazamientos " $\Delta x$ " a considerar.

Además, los intervalos de tiempo " $\Delta t$ " entre dos puntos de registro seguidos, son fijos y conocidos, ya que de antemano este valor se conocía al haber seleccionado la frecuencia en el Generador de Chispas.

---

## Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
  2. Impulsor de Aire FICER.
  3. Generador de Chispas FICER.
  4. Deslizador con electrodo de chispeo.
  5. Banda de hule.
  6. Regla metálica y regla de chispeo
  7. Papel de registro.
- 

## Desarrollo

Para la realizar este experimento, ejecute los siguientes pasos:

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 3.

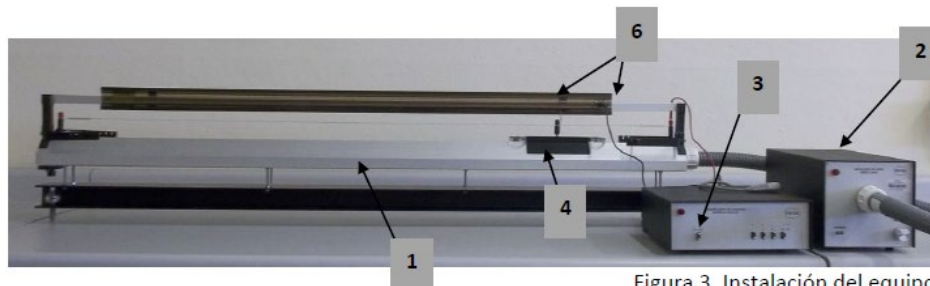


Figura 3. Instalación del equipo.

2. Nivele el Sistema de flotación Lineal.
3. Cerciórese que este instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo y la banda de hule y el pasador metálico en el sistema de lanzamiento.
4. Ajuste el electrodo de chispeo del deslizador para efectuar un registro simple de posición y tiempo.
5. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia de chispeo adecuada.
6. Prepare el deslizador para ser lanzado con el sistema de lanzamiento. Oprima momentáneamente el botón del control remoto del Generador de Chispas, para marcar el punto de referencia del movimiento.
7. Lance el deslizador y simultáneamente efectúe un registro simple con el Generador de Chispas. Finalice el registro antes de que el deslizador llegue al otro extremo del Sistema de Flotación.
8. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo y seleccione un conjunto de puntos consecutivos del registro, procurando que estos no sean de la parte inicial ni de la parte final del mismo. Enciérrelos con pequeños círculos, para su fácil identificación. No marque los puntos.
9. Mida la distancia  $\Delta x$  que hay entre cada par de puntos consecutivos. Recuerde que el tiempo transcurrido entre punto y punto es el mismo para cualquier par de puntos consecutivos.
10. Con los valores obtenidos en el paso anterior, construya una tabla de datos.

11. Obtenga la velocidad media para cada intervalo de distancia registrado  $\Delta x$  empleando la ecuación 2.
  12. Haga una gráfica en papel milimétrico de  $x$  vs.  $t$  considerando la secuencia en tiempo real del movimiento.
  13. Obtenga la ecuación de la gráfica y compare con la ecuación  $x = x_0 + v t$
- 

## Cálculos y resultados

**Tabla 1**

Número de intervalo $n$	Magnitud del intervalo $\Delta x$ (metro)	Velocidad media $v$ (m/s)
<b>1</b>	$\Delta x_1$	$V_1$
<b>2</b>	$\Delta x_2$	$V_2$
<b>3</b>	$\Delta x_3$	$V_3$
<b>4</b>	$\Delta x_4$	$V_4$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
<b>n</b>	$\Delta x_n$	$V_n$

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice los resultados obtenidos, compare el modelo teórico con el experimental, dé respuesta y justificación del tipo de movimiento obtenido y enuncie las posibles causas por las cuales el movimiento efectuado en el experimento no es totalmente con velocidad constante a lo largo de toda la trayectoria. Detecte las posibles fuentes de error y trate de minimizar los errores. Sugiera como mejorar estos experimentos. Repita si es necesario el registro, eliminando los errores que pudo haber cometido originalmente y compare con el anterior.

---

## Rerefencias Bibliograficas

---

## Anexos

---



---

## Práctica No. 3

# MOVIMIENTO LINEAL CON ACELERACIÓN CONSTANTE

---

### Resultados de aprendizaje

Obtener en forma experimental la relación que determina al desplazamiento en función del tiempo de un cuerpo que se mueve en línea recta con aceleración constante sobre una superficie casi libre de fricción.

---

### Fundamento

Considerando las ecuaciones de la cinemática lineal que relacionan al desplazamiento, a la velocidad a la aceleración y al tiempo.

1)  $x = (1/2) (a \cdot t^2)$

2)  $v = a \cdot t$

Analizando la ecuación 1, se puede ver que la gráfica del desplazamiento en función del tiempo para el movimiento rectilíneo con aceleración constante, siempre será de forma parabólica debido a que el desplazamiento varía en función del cuadrado del tiempo. Además, la pendiente de la curva aumenta uniformemente y en cada punto el valor de dicha pendiente representa la velocidad, esto se puede ver en la figura 1, como se indica.

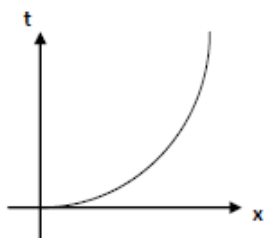


Figura 1. Grafica del desplazamiento en función del tiempo.

Analizando ahora la ecuación 2, puede verse que la gráfica de la velocidad en función del tiempo es siempre una línea recta y que la pendiente de esta representa la aceleración del cuerpo; lo anterior se muestra en la figura 2.

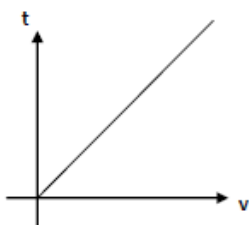


Figura 2. Grafica de la velocidad en función del tiempo.

## Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
2. Impulsor de Aire FICER.
3. Cronometro Digital FICER.
4. Deslizador con poste de interrupción.
5. Portapolea y polea mecánica.
6. Portapesas.
7. Regla metálica.
8. Interruptor optoelectrónico.
9. Electromagneto de sujeción.

## Desarrollo

Para realizar este experimento ejecute los siguientes pasos:

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 3.

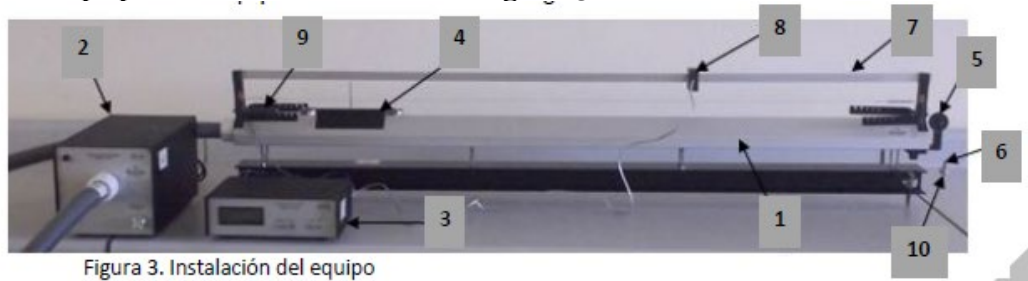


Figura 3. Instalación del equipo

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
3. Cerciórese que este instalada la polea y a la vez centrada con respecto al orificio del soporte del Sistema de Flotación.
4. Verifique que este bien instalado el Electromagneto de sujeción en su respective receptáculo.
5. Cerciorese que el interruptor optoelectrónico se encuentre bien colocado sobre la regla metálica
6. Conecte el Electromagneto de sujeción y el interruptor optoelectrónico a cronómetro Digital.
7. Coloque un deslizador con poste de interrupción sobre la guía rectilínea del Sistema de Flotación, amarre en uno de sus amortiguadores un trozo de hilo, pase este por el orificio del soporte y amarre el extremo libre al portapesas, y ponga sobre este último una pesa liviana coloque el hilo sobre la polea, como se indica en la figura 3.
8. Seleccione 6 puntos de la regla metálica espaciados 0.5m.
9. Coloque el interruptor optoelectrónico sobre el primer punto seleccionado, (el más cercano al Electromagneto de sujeción). Procurando que el interruptor quede centrado con respecto a este punto.
10. Encienda el Impulsor de Aire y el Cronómetro Digital; seleccione en este ultimo la escala de tiempo adecuada.
11. Lleve el deslizador hasta que su amortiguador haga contacto con el Electromagneto de sujeción. Manténgalo con la mano en esa posición.
12. Observe el punto de la regla metálica que esta exactamente sobre el poste de

interrupción. Este será su punto de referencia inicial para las mediciones de los desplazamientos.

**13.** Oprima la tecla de iniciar del Cronómetro; esta acción, energizará el Electromagneto de sujeción y este a su vez, retendrá al deslizador; retire su mano del deslizador.

**14.** Suelte la tecla de iniciar del Cronómetro; esta acción liberará de la fuerza magnética al deslizador e iniciará instantáneamente su movimiento. También en ese mismo instante, el Cronómetro iniciará el conteo del tiempo.

NOTA: Las acciones indicadas en los pasos 13 y 14, deberán ser lo más breve posible, para evitar que se magnetice el amortiguador del deslizador y retarde así su movimiento.

**15.** Tome tres muestras de tiempo para cada una de las 6 distancias seleccionadas.

Con los datos obtenidos construya y llene la tabla 1

**16.** Con los datos de la Tabla 1, haga una gráfica de  $x$  vs:  $t$ . Utilice el eje de las ordenadas para la variable  $x$ , y el eje de las abscisas para la variable  $t$ .

**17.** Obtenga la ecuación de la gráfica

**3)**  $x = at_m$

**18.** Utilice el Método de Mínimos Cuadrados para determinar los valores de las constantes  $a$  y  $m$ , desconocidas hasta ahora. Para ello, calcule para cada columna de la Tabla 1, los siguientes parámetros

$$X = \log(t)$$

$$Y = \log(x)$$

**19.** Con los valores de Tabla II, determine las constantes " $k$ " y " $m$ ", empleando las siguientes ecuaciones:

**4)**  $k =$

**5)**  $m =$

Siendo " $n$ " el número de eventos que se consideraron.

Recordando que  $a = \text{anti Log}(k)$ , sustituya en la ecuación 3 los valores  $a$  y  $m$  encontrados, obtenga la comprobación de la ecuación encontrada sustituyendo el tiempo.

## Cálculos y resultados

**Tabla 1**

<b>x(metro)</b>	<b>tiempo <math>t_1</math></b>	<b>tiempo <math>t_2</math></b>	<b>tiempo <math>t_3</math></b>	<b>t promedio (seg)</b>
<b>0.15</b>				
<b>0.30</b>				
<b>0.45</b>				
<b>0.60</b>				
<b>0.75</b>				
<b>0.90</b>				

**Tabla 2**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>XY</b>
<b>ΣX</b>	<b>ΣY</b>	<b>ΣX<sup>2</sup></b>	<b>ΣXY</b>

---

### **Análisis de datos y conclusiones/comentarios**

Analice los resultados obtenidos del modelo teórico ( $x = atm$ ) y el obtenido experimentalmente, dé respuesta y justificación del tipo de movimiento. Detecte las posibles fuentes de error y trate de minimizar los errores. Sugiera como mejorar el experimento. Repita si es necesario el registro, eliminando los errores que pudo haber cometido originalmente y compare con el anterior.

---

### **Rerefencias Bibliograficas**

---

### **Anexos**

---

---

## Práctica No. 4

### CAÍDA LIBRE

---

#### Resultados de aprendizaje

Obtener en forma experimental la relación que determina al desplazamiento en función del tiempo de un cuerpo que se mueve en caída libre, y obtener además el valor de la aceleración de la gravedad.

---

#### Fundamento

Se conoce que todo cuerpo situado sobre la superficie de la tierra experimenta la acción continua de una fuerza constante "su peso"; de no existir obstáculo alguno:

Fuerza de rozamiento del aire, presión, o cualquier otra interacción", dicha acción pondría en movimiento uniformemente acelerado al cuerpo. Esta aceleración se le conoce con el nombre "aceleración de la gravedad", y se le designa con la letra "g".

Todos los cuerpos sin importar la magnitud de su masa, partiendo del reposo y desde una misma altura, alcanzarán el suelo con la misma velocidad y al mismo tiempo. Si la caída es en el aire, sobre el cuerpo actuarán además de la fuerza gravitacional, otras fuerzas como la de rozamiento y la presión. Por lo tanto, este movimiento ya no corresponde al de caída libre.

Uno de los objetivos del experimento es hallar la relación espacio-tiempo para un cuerpo que se mueve en caída libre, deberá considerar lo siguiente:

- a. Que el movimiento del cuerpo se aproxime lo más posible a una caída libre.

Para lograrlo, se recomienda utilizar un cuerpo denso de forma esférica, con el fin de que la fuerza gravitacional que actúa sobre él, sea mucho más relevante que las fuerzas resultantes de la interacción con el aire.

- b. La altura  $h$  desde donde se suelta el cuerpo, debe seleccionarse de tal manera que el cuerpo no alcance su velocidad terminal dentro del intervalo  $h$ .

Entendiéndose por velocidad terminal, aquella velocidad constante que adquiere el cuerpo, cuando la fuerza de atracción gravitacional es contrarrestada (totalmente), por las fuerzas que resultan de la interacción con el aire.

---

#### Equipo y material

1. Electromagneto para Caída Libre.
2. Nueces de Sujeción (2) con Tornillos opresores.
3. Varilla de acero inoxidable.
4. Pinza de mesa.
5. Cronómetro Digital FICER.
6. Interruptor Electrónico.
7. Balín de acero.
8. Cinta Métrica.

## Desarrollo

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 1.

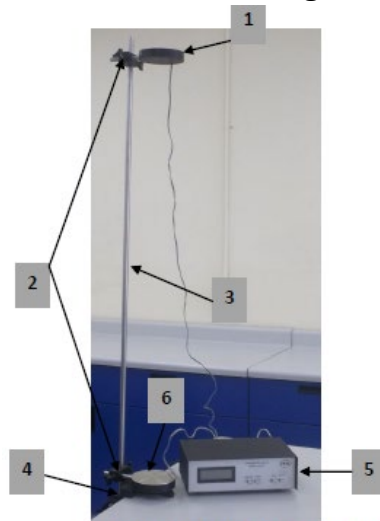


Figura 1. Instalación del Sistema de Caída Libre.

2. Verifique que esté bien instalado el Electromagneto y el Interruptor Electrónico, cuidando que el primero se encuentre colocado en la parte superior del soporte Inoxidable, y el segundo en la parte inferior, apretando los tornillos opresores de la Nuez de Sujeción, tenga cuidado de no ejercer demasiada presión, porque puede dañar la rosca de la nuez.
3. Mida con cuidado el diámetro “d” del balón.
4. Fije el Interruptor Electrónico en la distancia seleccionada ( $H = h + d$ ), apretando el tornillo de la nuez con la mano. Recuerde que la distancia entre las tapas interiores deberá tomar en cuenta el diámetro del balón. (Ver figura 2).

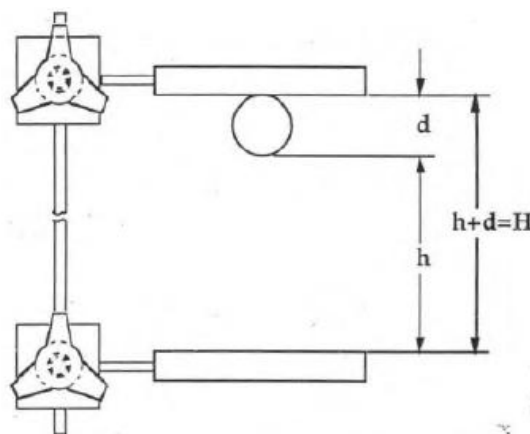


Figura 2. Distancia entre el Electromagneto y el Interruptor.

5. Encienda el Cronómetro Digital. Elija en su selector de rango de tiempo la escala que corresponde a milésimas de segundo.
6. Energice el Electromagneto de Sujeción oprimiendo la tecla de "INICIAR" del Cronómetro. Sin dejar de oprimirla, ponga en contacto el balón con el centro del Electromagneto.

7. Retire la mano del balón; éste deberá quedar sujeto al Electromagneto mientras se mantenga oprimida la tecla. Suelte la tecla, esta acción liberará de la fuerza magnética al balón, iniciado instantáneamente su movimiento de caída; también en ese instante, el Cronómetro iniciará su lectura. Al chocar el balón con el Interruptor electrónico el Cronómetro detendrá su lectura.

NOTA: La acción de oprimir la tecla de "INICIAR", deberá ser lo más breve posible, con el objeto de evitar que se magnetice el balón y retarde su caída.

8. Obtenga tres mediciones de tiempo para cada una de las alturas indicadas en la tabla I.
9. Despejando g de la ecuación 1 obtenga y compruebe el valor de la gravedad g para cada altura de caída, y empleando la ecuación 2 obtenga la velocidad.

1)  $h = g t^2$

2)  $v = \sqrt{2gh}$

10. Con los datos de la Tabla I, haga una gráfica de h vs t en papel milimétrico. Utilice el eje de las ordenadas para la variable h y el eje de las abscisas para la variable t.

Obtenga la ecuación de la gráfica.

3)  $h = kt^m$

11. Utilice el Método de Mínimos Cuadrados para determinar los valores de las constantes k y m, desconocidos hasta ahora. Para ello, calcule para cada columna de la Tabla II, los siguientes parámetros.

$X = \log(t)$

$Y = \log(h)$

4)  $B = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$

5)  $m = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$

Donde n es el número de eventos considerados.

Con el valor de B obtenido de la ecuación (4) se calcula el valor de k, recordando que:

6)  $k = \text{anti Log}(B)$

Sustituyendo los valores de m y k en la ecuación (3), encontraremos la relación que existe entre el desplazamiento vertical y el tiempo, para el movimiento de caída libre.

En otras palabras, obtendremos el modelo matemático experimental para este movimiento.

## Cálculos y resultados

Tabla I

Altura "h" (metro)	tiempo $t_1$	tiempo $t_2$	tiempo $t_3$	tiempo promedio "t" (seg)	Gravedad g(m/s <sup>2</sup> )	Velocidad v(m/s)
0.1						

0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6						
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						

**Tabla II**

X	Y	X <sup>2</sup>	XY
$\Sigma X$	$\Sigma Y$	$\Sigma X^2$	$\Sigma XY$

---

### **Análisis de datos y conclusiones/comentarios**

Analice el modelo teórico y el experimental, analice los valores de ***g*** y ***v***, dé respuesta y justificación. En caso de existir discrepancia, repita el experimento minimizando los errores y compare nuevamente el modelo experimental con el modelo teórico, hasta obtener un modelo aceptable y acorde con la precisión del equipo empleado.

---

### **Rerefencias Bibliograficas**

---

### **Anexos**

---



---

## Práctica No. 5

# RELACIÓN ALCANCE-VELOCIDAD INICIAL DE UN PROYECTIL

---

### Resultados de aprendizaje

Determinar la relación que existe entre el alcance de un proyectil y su velocidad inicial de disparo, para un ángulo de elevación fijo.

---

### Fundamento

En la figura 1 se muestra un proyectil que se lanza con un ángulo de elevación  $\theta$  y una velocidad inicial de disparo  $V_0$ .

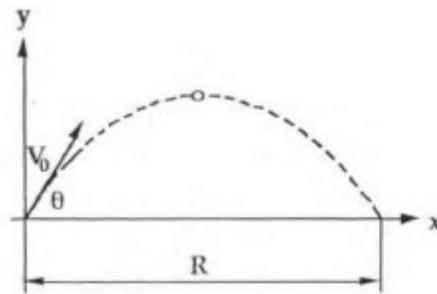


Figura 1. Tiro Parabólico

La ecuación 1 es el modelo teórico que determina el alcance  $R$  del proyectil en función de la magnitud  $V_0$  de la velocidad inicial de disparo, su ángulo de elevación  $\theta$  y la magnitud “g” de la aceleración de la gravedad. En este modelo no está contemplada la fuerza de rozamiento entre el proyectil y el medio.

$$1) R = \frac{V_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

---

### Equipo y material

1. Unidad de Disparo FICER.
  2. Control de Disparo FICER.
  3. Interruptor de Tiempo de Vuelo.
  4. Guía Rectilínea del Interruptor de Tiempo de Vuelo.
  5. Proyectil.
  6. Interruptor Optoelectrónico.
  7. Papel Pasante.
-

## Desarrollo

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2 y nivele el Sistema de Tiro Parabólico.

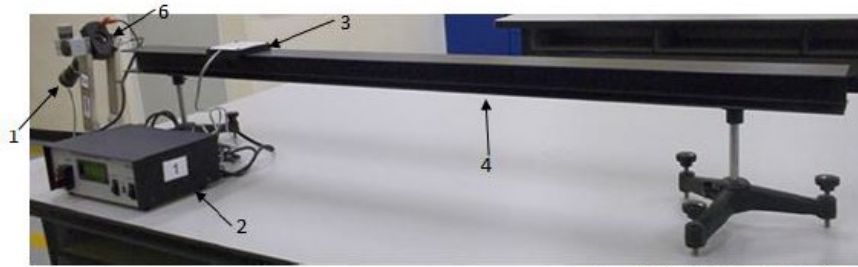


Figura 2. Instalación del Equipo.

2. Coloque en el mecanismo de elevación de la Unidad de Disparo un ángulo de  $45^\circ$ , el cual deberá permanecer fijo durante el experimento, y en el Control de Disparo ajuste el dial digital de VELOCIDAD DE DISPARO al número 200. Introduzca en la boca del cañón el proyectil, efectúe un lanzamiento del proyectil y mida su alcance  $R_E$  y registre la magnitud de su velocidad inicial  $V_o$ .
3. Repita el paso anterior tres veces y calcule las medianas de los valores de las mediciones de  $R_E$  y  $V_o$ , los cuales deberán ser tomados como datos experimentales.
4. Desarrolle el experimento para otras velocidades diferentes (incrementando el dial digital en 100 unidades), y obtenga para cada una de ellas sus respectivos valores de  $R_E$  y  $V_o$ .
5. Con los resultados de los pasos 3 y 4, construya la Tabla de Datos; y obtenga el error porcentual.
6. Con los datos de la tabla I, construya dos gráficas: una de  $R_E$  contra  $V_o$  y la otra de  $R_E$  contra  $V_o^2$ , como se indica en las figuras 4 y 5. En la segunda gráfica (figura 5) trace la recta que pase más cerca de los puntos experimentales.

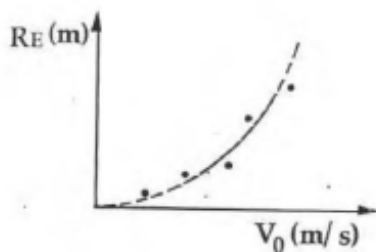


Figura 4.  $R_E$  contra  $V_o$

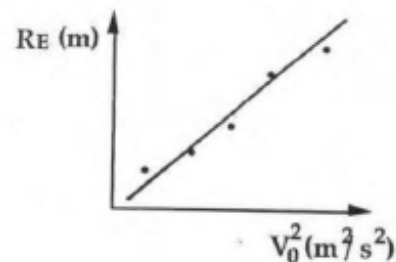


Figura 5.  $R_E$  contra  $V_o^2$

7. Elija dos puntos de la recta y determine la pendiente  $m$ , y encuentre la ecuación de la forma:

**2)**  $R_E = m V_o^2$

La expresión anterior es el modelo del Experimento.

## Cálculos y resultados

Tabla I

Velocidad de disparo	$R_1$	$R_2$	$R_3$	Mediana $R_E$ (m) y Velocidad inicial $v_o$	$R = \frac{V_o^2 \sin 2\theta}{g}$	$R_E = m V_o^2$	$EP = \frac{ R - R_E }{R} * 100$
200	$R =$ $V_o =$ $T =$	$R =$ $V_o =$ $T =$	$R =$ $V_o =$ $T =$	$R =$ $V_o =$ $T =$			

<b>300</b>	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=			
<b>400</b>	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=			
<b>500</b>	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=			
<b>600</b>	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=			
<b>700</b>	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=			
<b>800</b>	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=	R= V <sub>o</sub> = T=			

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Discuta con sus compañeros los modelos obtenidos en el experimento y compárelos con el modelo teórico. Revise las columnas de los errores para decidir si su modelo está dentro de los límites aceptables; si no es así, repita el experimento, procurando reducir las fuentes de error.

---

## Rerefencias Bibliograficas

---

## Anexos

---

---

## Práctica No. 6

### ALCANCE DE UN PROYECTIL

---

#### Resultados de aprendizaje

Investigar cómo varía el alcance de un proyectil al cambiar su ángulo de elevación, para una velocidad inicial de lanzamiento arbitraria y fija.

---

#### Fundamento

El tiro parabólico es un caso de movimiento en dos dimensiones, se puede analizar por separado en dos coordenadas rectangulares. En la coordenada vertical, el movimiento es uniformemente acelerado, con aceleración constante  $g$  y en la horizontal, el proyectil se mueve con velocidad constante, ya que no existe fuerza horizontal sobre el proyectil, si se desprecia la fricción del aire.

$$1) R_1 = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

La ecuación 1 muestra cómo varía el alcance de un proyectil, éste aumentará de acuerdo con el cuadrado de la magnitud de la velocidad inicial, si el ángulo  $\theta$  es constante. Si en cambio se mantiene fija  $v_0$ , el alcance  $R$  también aumentará conforme aumente el valor de  $\sin 2\theta$ , por lo que alcanzará su máximo valor cuando  $\theta = 45^\circ$ .

---

#### Equipo y material

1. Unidad de Disparo FICER.
  2. Control de Disparo FICER.
  3. Interruptor de Tiempo de Vuelo.
  4. Proyectil.
  5. Guía Rectilínea del Interruptor de Tiempo de Vuelo.
  6. Interruptor Optoelectrónico.
  7. Papel Pasante.
- 

#### Desarrollo

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 1 y nivele el Sistema de Tiro Parabólico.

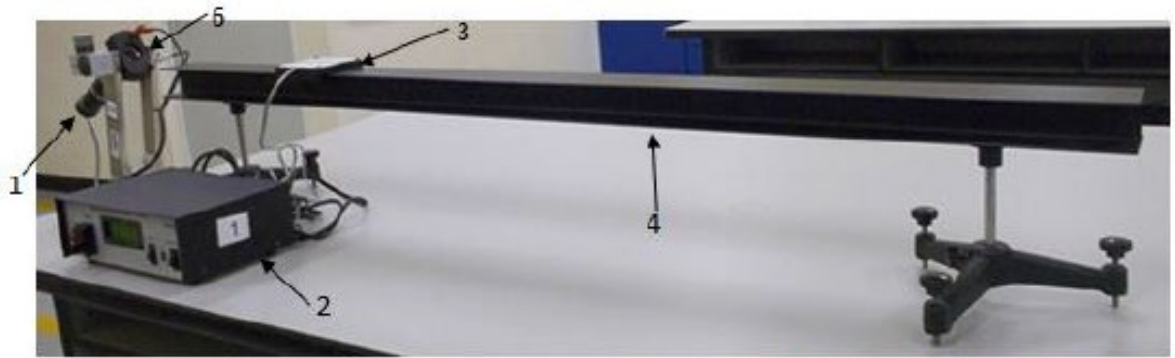


Figura 1. Instalación del Equipo.

2. Coloque la Guía Rectilínea a 10 cm del eje del Cañón y que la oriente en la misma dirección del Cañón. El interruptor debe quedar a la altura del centro del proyectil. Ver figuras 2 y 3.

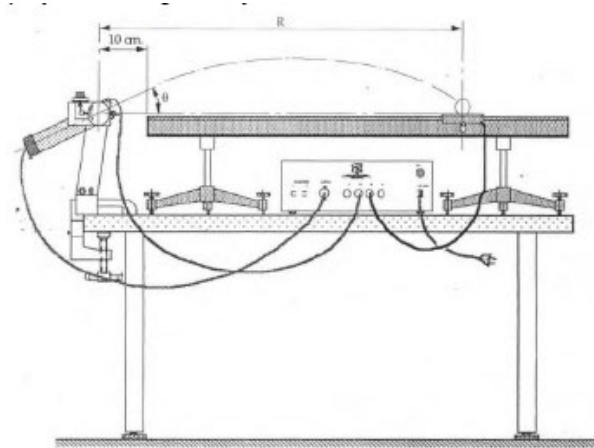


Figura 2. Ajuste de altura del interruptor

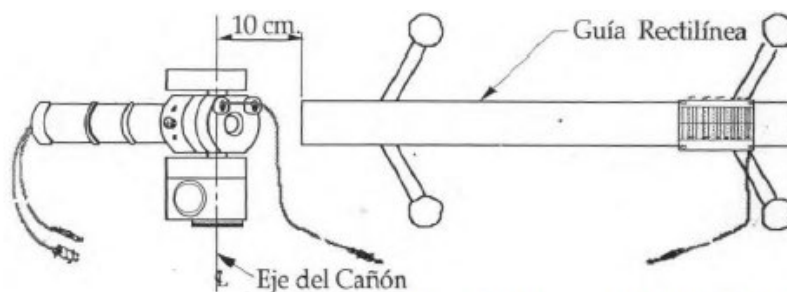


Figura 3. Colocación de la Guía Rectilínea.

3. Encuentre el ángulo de  $90^\circ$  realizando lanzamientos hasta que entre de nuevo el proyectil en la boca de la Unidad de Disparo.
4. Realice los siguientes pasos para los ángulos 20, 30, 40, 45, 50, 60 y 70.
5. Para ajustar el ángulo correcto de lanzamiento se hará en base al número de giros de la perilla de la unidad de Disparo. Al realizar el giro completo de la perilla en el sentido de las manecillas del reloj, se disminuye 10 grados el ángulo. Al realizarlo en sentido contrario se aumentarán los 10 grados.
6. Ajuste la velocidad del proyectil en el Control de Disparo, poniendo el dial digital del control de VELOCIDAD DE DISPARO en un valor arbitrario e impida el movimiento de éste mediante el seguro ubicado en la parte inferior del mismo.

7. Encienda el Control de Disparo. Introduzca el proyectil en la boca del Cañón, espere a que aparezca el mensaje 'PREPARADO', de no ser así deberá oprimir previo al lanzamiento el botón PREPARAR.

8. Oprima el botón DISPARADOR del Control de Disparo y observe en la Guía Rectilínea el punto donde se impacte el proyectil; desplace el Interruptor de Tiempo de Vuelo sobre la Guía Rectilínea hasta este punto. Coloque un pedazo de papel pasante sobre el interruptor y efectúe un nuevo disparo; el impacto del proyectil deberá dejar una marca sobre la cubierta del interruptor.

9. Para medir el alcance R del proyectil, primero mida la distancia desde el comienzo de la Guía Rectilínea hasta el primer borde del interruptor. Enseguida, lea la distancia en la escala del interruptor. El alcance del proyectil es la suma de estas dos distancias y los 10 cm que hay del eje del Cañón al borde de la Guía Rectilínea. Por ejemplo, si la distancia del comienzo de la guía al primer borde del interruptor es de 38 cm y la marca sobre la escala es de 6.4 cm, entonces el alcance R será de  $38 + 6.4 + 10 = 54.4$  cm.

10. Además, anote la lectura de la velocidad inicial “Vo” así como el tiempo total de vuelo “t” correspondiente al Interruptor de Tiempo de Vuelo.

11. Sin cambiar las condiciones de los pasos 4 y 5, efectúe tres lanzamientos y obtenga la mediana de los alcances R, con su respectiva velocidad Vo y tiempo t.

12. Compruebe el alcance experimental R con el alcance teórico, sustituyendo la velocidad inicial y el tiempo de vuelo en la ecuación 1 y 2.

$$2) R_2 = V_o (\cos \theta) t$$

13. Construya la tabla I

14. Grafique los datos ángulo  $\theta$  y alcance experimental R de la Tabla1.

## Cálculos y resultados

**Tabla I**

$\theta$ (grados)	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Mediana R (m)	R <sub>1</sub> (m)	R <sub>2</sub> (m)
<b>20</b>	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=		
<b>30</b>	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=		
<b>40</b>	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=		
<b>45</b>	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=		
<b>50</b>	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=		
<b>60</b>	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=		
<b>70</b>	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=	R= V= T=		

---

## **Análisis de datos y conclusiones/comentarios**

La finalidad del experimento es investigar cómo varía el alcance de un proyectil al cambiar su ángulo de elevación. Se recomienda que analice la gráfica obtenida en el experimento y discuta con sus compañeros toda la información que se puede derivar de ella para obtener conclusiones de la investigación.

Utilizando la Tabla de Datos, compare la columna R con la R' y discuta sobre la controversia que exista entre ellas, identifique las fuentes de error que conducen a tales diferencias: si éstas son muy grandes, repita el experimento minimizando hasta donde sea posible las fuentes de error y compare los nuevos resultados con los del experimento anterior.

---

## **Rerefencias Bibliograficas**

---

## **Anexos**

---

---

## Práctica No. 7

# RELACIÓN ENTRE FUERZA Y ACELERACIÓN

---

### Resultados de aprendizaje

Determinar la relación que existe entre la resultante de las fuerzas aplicadas a un cuerpo y su aceleración.

---

### Fundamento

Se acostumbra enunciar la Segunda Ley de Newton por medio de la siguiente ecuación:  $F = ma$ , en donde "F" es la fuerza que actúa sobre el cuerpo "m" es su masa y "a" es la aceleración, esta formulación es un poco lacónica, vamos a hacer tres observaciones.

- PRIMERA. La fuerza "F" no es consecuencia de la aceleración, sino que la aceleración es un resultado de la fuerza. Por lo tanto, la formulación de esta Ley se escribe así:  $a = (B) (F/m)$ , donde "B" es un factor de proporcionalidad que depende de las unidades en que se midan las magnitudes que intervienen.
- SEGUNDA. Al cuerpo le comunican aceleración todas las fuerzas aplicadas a él y no se excluyen aquellas que se anulan mutuamente. Por esto, al formular esta Ley es mejor hablar de la resultante de las fuerzas o fuerza neta, en lugar del término fuerza.
- TERCERA. La Segunda Ley de Newton establece la relación entre la fuerza y la aceleración, pero la fuerza y la aceleración son magnitudes vectoriales que se caracterizan no solamente por su valor numérico, sino también por su dirección.

Con estas tres observaciones, la formulación de la Segunda Ley de Newton quedarla de la siguiente manera. La aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la resultante de todas las fuerzas aplicadas a dicho cuerpo e inversamente proporcional a su masa y dirigida a lo largo de la resultante de las fuerzas aplicadas. Analíticamente esta frase se expresa con la siguiente ecuación:

$$1) \quad a = \frac{F}{m}$$

En Mecánica se dice que la masa es la medida de la inercia de un cuerpo, es decir, es su resistencia a cambiar su estado de movimiento. Dicha resistencia es llamada la MASA INERCIAL del cuerpo. La experiencia nos dice que se requiere alguna acción para poner un cuerpo en movimiento, esta acción se describe por una cantidad vectorial llamada FUERZA.

La forma más recomendable para producir la fuerza constante, es mediante el Método de Pesas y Polea. De esta manera, se estira al deslizador de masa "m<sub>2</sub>" conocida, por medio de un hilo que pasa por la polea y en su otro extremo lleva colgado una masa total "m<sub>1</sub>". Se recomienda que la



masa “ $m_1$ ” sea lo más liviana posible, puesto que si se emplea una masa demasiado pesada, se presenta un efecto de fricción grande sobre el eje de la polea, y además, se tendría que tomar en cuenta el efecto de la masa inercia) que se debe a la inercia angular de la polea. Si la aceleración del sistema es mucho menor que la aceleración de la gravedad, la tensión en la cuerda será aproximadamente igual al peso que cuelga del hilo. Por lo cual, se debe efectuar el experimento con aceleración moderada.

---

## Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
  2. Generador de Chispas FICER.
  3. Regla metálica.
  4. Regla de chispeo.
  5. Deslizador con electrodo de chispeo.
  6. Polea.
  7. Portapolea.
  8. Juego de pesas para estirar el deslizador.
  9. Portapesas.
  10. Impulsor de aire y manguera.
- 

## Desarrollo

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 1.

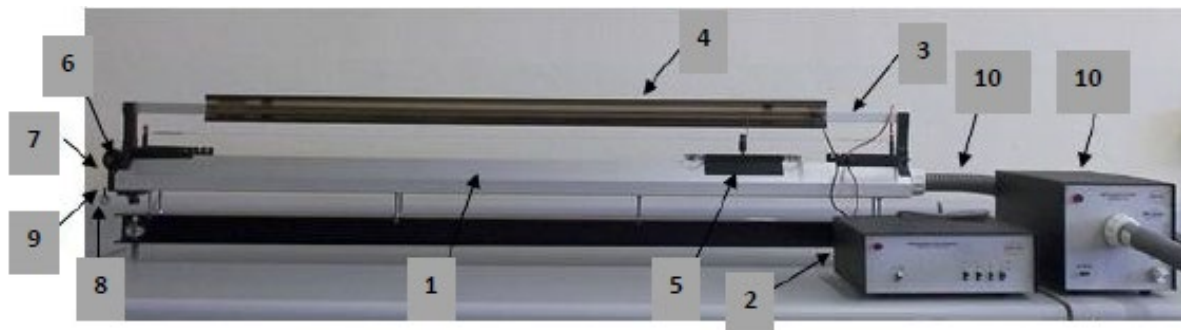


Figura 1. Instalación del Equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal. Cerciórese que la tira de papel de registro esté instalada en la regla de chispeo. Conecte el Generador de Chispas al Sistema de Flotación. Coloque sobre la gula del Sistema de Flotación un deslizador (de masa  $m$  conocida) con electrodo de chispeo, ajuste con las manos el electrodo de tal forma que quede preparado para un registro simple con el Generador de Chispas.
3. Sujete el deslizador al pasador metálico del sistema de lanzamiento por medio de un hilo y aplíquelo una fuerza constante, empleando el Método de Pesas y Polea. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia adecuada.
4. Inicie el registro de posición y tiempo, presionando el botón del control remoto del Generador de Chispas mientras el deslizador esta en movimiento. Procure suspender el

registro antes de que el deslizador alcance el otro extremo del Sistema de Flotación.

5. Retire el papel de registro y encierre mediante círculos pequeños los puntos marcados. Después, vuelva a colocar el papel por el mismo lado usando la parte de arriba del papel para efectuar un nuevo registro.
6. Mida la fuerza  $F$  que produjo el movimiento, es decir, determine el peso de la masa empleada para jalar el deslizador (masa = pesas + portapesas).
7. Repita el experimento 3 veces más, pero en cada nuevo registro, cambie la fuerza “ $F$ ” que produce el movimiento al deslizador agregando pesas en el portapesas; mantenga la misma masa “ $m$ ” del deslizador para todos los registros.
8. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo, y determine para cada uno de los registros, la aceleración “ $a$ ” correspondiente.
9. Con los diferentes valores de la fuerza utilizada para jalar el deslizador en cada uno de los eventos, sus correspondientes aceleraciones y el valor de la masa del deslizador, construya una siguiente Tabla de Datos.
10. Con los datos de la Tabla I, haga una gráfica de “ $F$ ” vs. “ $a$ ”. Utilice el eje de las ordenadas para la variable “ $F$ ” y el eje de las abscisas para la variable “ $a$ ”. Encuentre la ecuación de dicha gráfica, este es el modelo matemático del experimento. Obtenga la comprobación.

---

## Cálculos y resultados

**Tabla I**

Masa (Kg)				
Fuerza (N)	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
Aceleración( $m/s^2$ )	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice los resultados obtenidos en el modelo teórico  $F = ma$  y el experimental, dé respuesta y justificación, haga una lista de las posibles fuentes de error. Compare el valor de la masa experimental con el teórico. Repita el experimento si es necesario.

---

## Rerefencias Bibliograficas

---

## Anexos

---

---

# **Práctica No. 8**

## **RELACIÓN ENTRE ACELERACIÓN Y MASA**

---

### **Resultados de aprendizaje**

Investigar la relación que existe entre la aceleración y la masa de un cuerpo móvil.

---

### **Fundamento**

De la Segunda Ley de Newton el término "m" se le da el nombre de "masa inercial" y su valor está definido por:

$$1) \ m = \frac{F}{a}$$

Esta masa, es una medida de la inercia, o sea, la resistencia que todo Sistema Mecánico presenta al cambio de su movimiento. La unidad de masa internacionalmente aceptada es el Kilogramo (Kg).

---

### **Equipo y material**

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
  2. Impulsor de Aire FICER.
  3. Generador de Chispas FICER.
  4. Portapolea y polea mecánica.
  5. Regla metálica.
  6. Regla de chispeo.
  7. Manguera flexible.
  8. Deslizador con electrodo de chispeo.
  9. Juego de pesas chica y grande.
  10. Portapesas
  11. Juego de pesas para jalar el deslizador.
- 

### **Desarrollo**

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 1.

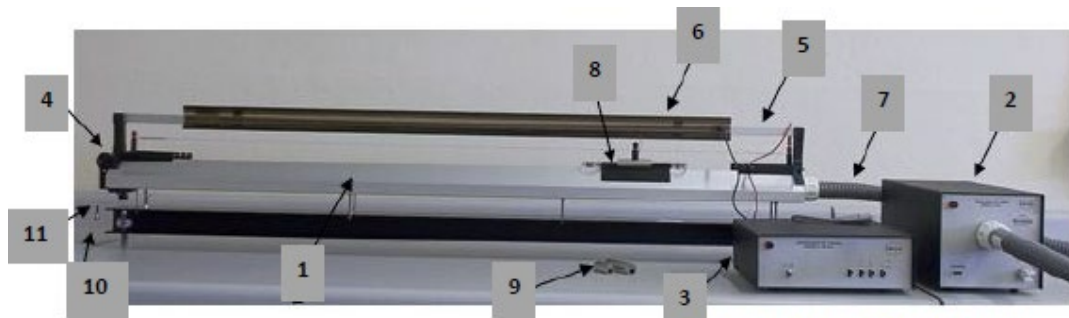


Figura 1. Instalación del Equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
3. Cerciórese que la tira de papel de registro este instalada en la regla de chispeo.
4. Conecte el Generador de Chispas al Sistema de Flotación.
5. Coloque sobre la guala del Sistema de Flotación un deslizador (de masa  $m$  conocida) con electrodo de chispeo, ajuste con las manos el electrodo de tal forma que quede preparado para un registro simple con el Generador de Chispas
6. Sujete el deslizador al pasador metálico del sistema de lanzamiento y aplíquele una fuerza constante.
7. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia adecuada.
8. Inicie el registro de posición y tiempo, presionando el botón del control remoto del Generador de Chispas y simultáneamente suelte el deslizador. Procure suspender el registro antes de que el deslizador alcance el otro extremo del Sistema de Flotación.
9. Retire la tira de papel de registro y encierre mediante círculos pequeños los puntos marcados. Después, vuelva a colocar el papel de registro en la regla de chispeo.
10. Mida la fuerza  $F$  que produjo el movimiento, es decir, determine el peso de la masa empleada para jalar el deslizador (masa = pesas + portapesas).
11. Repita el experimento para tres masas " $m$ " distintas, pero en cada nuevo registro, cambie la masa del deslizador insertando pesas en la parte superior. Mantenga la misma fuerza para todos los registros.
12. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo, y determine para cada uno de los registros, la aceleración " $a$ " correspondiente del deslizador
13. Con los diferentes valores de las masas utilizadas en el deslizador y sus correspondientes aceleraciones y el valor de la fuerza que produce el movimiento en cada uno de los eventos, construya una siguiente Tabla de Datos.
14. Con los datos de la Tabla 1, haga una gráfica de " $a$ " vs. " $m$ " en papel milimétrico. Utilice el eje de las ordenadas para la variable " $a$ " y el eje de las abscisas para la variable " $m$ ". Obtenga la ecuación de la gráfica empleando el Método de mínimos cuadrados para encontrar la relación entre la fuerza " $a$ " y la aceleración " $m$ ".

## Cálculos y resultados

Tabla I

<b>Fuerza (N)</b>			
<b>Masa (Kg)</b>	<b>m<sub>1</sub></b>	<b>m<sub>2</sub></b>	<b>m<sub>3</sub></b>
<b>Aceleración(m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>a<sub>3</sub></b>

---

### Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Compare y analice el modelo teórico ( $a = F/m$ ) y el obtenido experimentalmente, dé respuesta y justificación. Enumere las posibles fuentes de error. Repita el experimento si es necesario.

---

### Rerefencias Bibliograficas

---

### Anexos

---

---

## Práctica No. 9

# PRINCIPIO DEL TRABAJO Y LA ENERGÍA

---

### Resultados de aprendizaje

El objetivo del experimento es verificar la relación que existe entre el Trabajo realizado por la fuerza neta aplicada a un cuerpo y la Energía Cinética transferida a dicho cuerpo.

---

### Fundamento

Para medir la energía transmitida a un cuerpo se utiliza una combinación de fuerza y movimiento. Se puede decir que existe una relación proporcional entre el trabajo, la fuerza ejercida y el desplazamiento.

De manera más específica, el trabajo se define como el producto de la fuerza por el desplazamiento que ella produce. La unidad de trabajo en el sistema M.K.S. es Newton-metro, a esta se le denomina "Joule", en honor del Físico James P. Joule (1818-1889). Quien realizó experimentos, los cuales abrieron camino para establecer el principio de la conservación de la energía.

#### **TRABAJO Y ENERGÍA CINÉTICA**

Vamos a establecer la relación que existe entre el Trabajo y la energía transmitida, para varias situaciones.

- a) Como primer caso, se supone que se aplica una fuerza constante "F" a un cuerpo de masa "m" que inicialmente se encuentra en reposo " $v_0 = 0$ " y sobre una superficie sin rozamiento, como se indica en la figura 1.

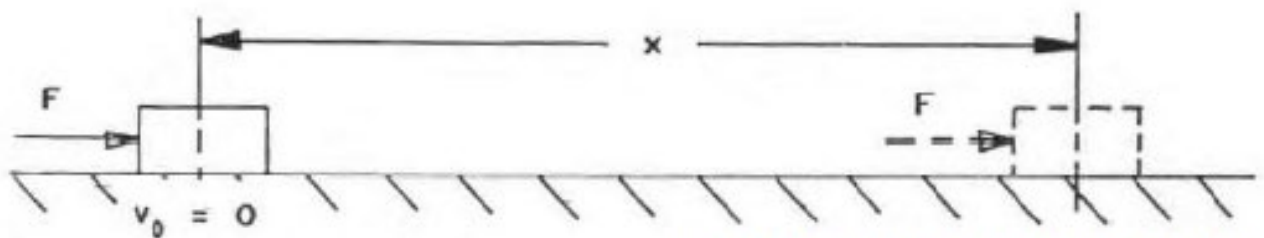


Figura 1. Fuerza constante aplicada a un cuerpo.

Debido a la acción de "F", el cuerpo adquiere una aceleración "a" uniforme y gana velocidad "v". Mientras actúa la fuerza "F", se realiza un Trabajo "W", el cual se calcula con la ecuación 1.

1)  $W = (F)(x)$

Este Trabajo debe ser igual a la energía transmitida al cuerpo. La aceleración "a" que adquiere el cuerpo, se determina empleando la Segunda Ley de Newton, la cual está dada por:

2)  $a = \frac{F}{m}$

Puesto que el movimiento parte del reposo y lleva aceleración uniforme, entonces, la velocidad "v" que adquiere el cuerpo en un tiempo "t", se obtiene con la ecuación 3.

$$3) v=at$$

Si ecuación se combina con la ecuación 2, se obtiene que:

$$4) v = \frac{F}{m} t$$

En este caso en particular, suponemos que tanto la velocidad como el desplazamiento son nulos para t=0. Por lo tanto, el desplazamiento "x" se puede calcular a partir de la ecuación 5.

$$5) x = (1/2)at^2$$

Sustituyendo 2 en 5 se obtiene que:

$$6) x = (1/2) \frac{F}{m} t^2$$

Si de la ecuación 4 despejamos el tiempo "t" y lo sustituimos en la ecuación 6, se obtiene la siguiente expresión:

$$7) x = (1/2)m \frac{v^2}{F}$$

Si multiplicamos ambos miembros de esta ecuación por F, se obtiene:

$$8) F x = (1/2) m v^2$$

La ecuación anterior nos indica que el Trabajo utilizado para acelerar la masa que parte del reposo es igual a la expresión  $(1/2) m v^2$ , la cual se identifica como la energía que se transmite al cuerpo al ponerse en movimiento, a este término se le llama la Energía Cinética "K" del cuerpo, o sea

$$9) K = (1/2) m v^2$$

De esta expresión se observa que la Energía Cinética depende únicamente del estado del movimiento de la masa "m".

La Energía Cinética se incrementa cuando la fuerza que actúa sobre el cuerpo tiene la misma dirección del movimiento, y el Trabajo realizado por dicha fuerza mide la transmisión de energía externa que se convierte en Energía Cinética del cuerpo. Si la fuerza se opone al movimiento, la transmisión de energía ocurre en sentido opuesto y el Trabajo realizado por dicha fuerza mide la cantidad de energía cedida al sistema y que se convierte en otra clase de energía.

- b) Como un segundo caso, vamos a considerar ahora que el cuerpo de masa "m", en vez de partir del reposo, posee una velocidad inicial  $V_0$ , la cual tiene igual dirección y sentido que la fuerza "F". En este caso vamos a determinar la relación que existe entre la variación de la Energía Cinética " $\Delta K$ " y el Trabajo "W" efectuado por la fuerza "F". La aceleración adquirida por "m" se sigue calculando mediante la ecuación 2. Para calcular la velocidad "v" ganada por el cuerpo cuando se ha desplazado una distancia "x" emplearemos la ecuación 10.

$$10) v^2 = v_0^2 + 2ax$$

La ecuación anterior se puede también escribir de la siguiente manera.

$$11) v^2 - v_0^2 = 2ax$$

Si en esta ecuación se sustituye el valor de la aceleración, se obtiene:

$$12) V^2 - V_0^2 = \frac{2Fx}{m}$$

Si multiplicamos los dos miembros de la ecuación anterior por "m/2", se puede concluir que:

$$13) \left(\frac{1}{2}\right) mv^2 - \left(\frac{1}{2}\right) m v_0^2 = F x$$

Donde miembro de la izquierda representa la variación de la Energía Cinética " $\Delta K$ " y el término de la derecha representa el trabajo " $W$ " efectuado sobre el cuerpo por la fuerza " $F$ " o sea,

$$14) \Delta K = W$$

Esta relación es se conoce como el Teorema de la Variación de la Energía Cinética de un Cuerpo, la cual indica que el Trabajo efectuado sobre el cuerpo por la fuerza " $F$ " es siempre igual a la variación de la Energía Cinética. Por lo tanto, la relación del Trabajo y la Energía corresponde a un Principio.

Para verificar tal Principio, se selecciona la trayectoria del movimiento, a continuación se le aplica al cuerpo una fuerza, debido a esto el cuerpo se acelera y gana velocidad.

Se miden las velocidades en cada punto elegido y se calcula la Energía Cinética de cada uno de ellos, así como, la variación de Energía Cinética que sufre el cuerpo al pasar entre cada par de puntos. Además calcular el Trabajo realizado simplemente multiplicando el valor de la fuerza por el desplazamiento elegido de antemano.

## Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
2. Impulsor de Aire FICER.
3. Cronómetro Digital FICER.
4. Portapolea
5. Polea mecánica
6. Regla metálica
7. Deslizador con poste de interrupción
8. Juego de pesas
9. Manguera flexible
10. Interruptor optoelectrónico
11. Electromagneto de sujeción

## Desarrollo

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2.

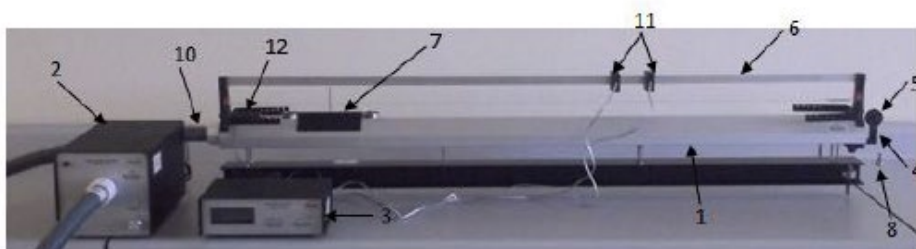


Figura 2. Instalación del Equipo.



2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
  3. Instale la polea y céntrela con respecto al orificio del soporte del Sistema de Flotación.
  4. Instale el Electromagneto de sujeción en su respectivo receptáculo. Coloque los interruptores optoelectrónicos sobre la regla metálica.
  5. Del deslizador con poste amarre en uno de sus amortiguadores un trozo de hilo y de este último amarre el portapesas y a su vez coloque las pesas.
  6. Seleccione un conjunto de puntos de la regla metálica espaciados uniformemente de 0.20m entre punto y punto.
  7. Coloque juntos los interruptores optoelectrónico sobre el primer punto seleccionado. Cerciórese que las caras en contacto de ambos interruptores coincidan con este punto y poder considerar  $\Delta x = 0.02m$ .
  8. Encienda el Impulsor de Aire y el Cronometro Digital; seleccione en este último la escala de tiempo adecuada.
  9. Ponga en contacto el deslizador con el Electromagneto, manténgalo en esa posición con la mano.
  10. Mantenga oprimida la tecla iniciar del Cronómetro, para energizar el Electromagneto y retener el deslizador en la posición sin usar la mano.
  11. Suelte la tecla iniciar del Cronómetro, para liberar de la fuerza magnética al deslizador y este inicie el movimiento. El Cronómetro iniciará el conteo del tiempo en el momento que el poste del deslizador pase por el primer interruptor, y la terminará al pasar por el segundo interruptor.
  12. Para cada punto tome tres muestras de tiempo  $\Delta t$  y promedie.
  13. En cada punto seleccionado obtenga el valor de la velocidad media empleando la ecuación 15, y determine el valor de la Energía Cinética empleando la ecuación 9.
- 15)  $v = \Delta x / \Delta t$**
14. Calcule la variación de la Energía cinética  $\Delta K$  para cada par de puntos espaciados 0.20m. La región donde esta variación se mantenga casi constante, corresponderá a aquella donde la resultante de las fuerzas actuando sobre el deslizador también permanece constante. En dicha región, determine la Media Aritmética de  $\Delta K$ .
  15. Determine la fuerza  $F$  resultante que actúa sobre el deslizador, obteniendo el peso de la masa de (pesas+ portapesas). El valor de la distancia será  $x=0.2m$ .
  16. Calcule el valor del Trabajo desarrollado por la fuerza  $F$ , empleando la ecuación 1. y compárelo con el valor de la Media Aritmética de  $\Delta K$  determinado en el paso 14.
- 

## Cálculos y resultados

---

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Analice, dé respuesta y justificación en base a los valores de fuerza, trabajo y Energía Cinética e indique porque difiere lo calculado de lo obtenido.

---

## **Rerefencias Bibliograficas**

---

## **Anexos**

---

---

## Práctica No. 10

# PRINCIPIO DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

---

### Resultados de aprendizaje

El objetivo del experimento es determinar qué tanto se aproxima el Sistema formado por carril de Flotación y deslizador, a un sistema conservativo ideal, es decir, aquel que está exento de fuerzas que al actuar hacen que parte de la energía mecánica se pierda, transformándose ésta en otra forma de energía.

---

### Fundamento

La Física es la ciencia que entre su amplio campo de acción se ocupa del estudio de la Energía Mecánica. Esta última se divide en dos clases: la Cinética y la Potencial; la primera se asocia a los cuerpos en movimiento y la Potencial esta mejor identificada con la posición relativa de los cuerpos que forman un sistema.

#### ***ENERGÍA POTENCIAL FUERZAS CONSERVATIVAS Y NO - CONSERVATIVAS.***

Para dar ideas de lo que se entiende por una fuerza conservativa y una no conservativa.

Analicemos este experimento desde el punto de vista de la Energía y el Trabajo.

La Energía Cinética del cuerpo se interpreta como la capacidad para producir Trabajo debido a su movimiento, cuando en un cuerpo no cambia la Energía Cinética y por consiguiente, tampoco la capacidad del cuerpo para hacer Trabajo entonces, la fuerza cae dentro del rango de las fuerzas llamadas conservativas ya que el Trabajo neto efectuado por un conjunto de fuerzas sobre un cuerpo es cero.

La fuerza de la gravedad cae dentro del rango de las llamadas conservativas, ya que si lanzamos un objeto verticalmente hacia arriba y suponemos despreciable la fricción del aire, el objeto regresa al punto de partida con la misma Energía Cinética que llevaba cuando se lanzó.

Si se toma en cuenta la fricción del aire; vemos que el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento en el cuerpo, es negativo, esto se debe a que la fuerza de rozamiento siempre se opone al movimiento. Por lo tanto, el Trabajo efectuado por la fuerza de rozamiento no puede ser cero. A este tipo de fuerzas, en las que el Trabajo neto efectuado por ellas, es diferente de cero, se les conoce con el nombre de fuerzas no conservativas.

Si la Energía Cinética " K " del Sistema varía en un valor " $\Delta K$ ", lo cual ocurre cuando la configuración del Sistema cambia entonces, la Energía Potencial "U" del Sistema debe cambiar en una cantidad " $\Delta U$ ", de tal manera que la suma de dichos cambios debe ser cero. Por lo tanto, se cumple que:

**1)**  $\Delta K + \Delta U = 0$

Entonces, cualquier cambio en la Energía Cinética del Sistema, viene compensado por un cambio igual pero opuesto de la Energía Potencial. De tal manera que la suma de "K" más "U" debe permanecer constante durante el movimiento. Esto es:

**2)**  $K + U = \text{constant}$

Una forma simple de saber qué tan conservativo es el Sistema de Flotación Lineal, se logra comparando las variaciones tanto de la Energía Cinética  $\Delta K$ , como de la Potencial gravitatoria  $\Delta U$  que experimenta un deslizador cuando se mueve a lo largo del Sistema empleado como Plano Inclinado.

Si el sistema es conservativo, es decir, que no hay fuerzas disipativas (fuerzas que, al actuar, hacen que se pierda energía de alguna manera), entonces, debe cumplirse que:

$$3) \quad \Delta K / \Delta U = -1$$

Ahora bien, si suponemos que el deslizador en su movimiento descendente pasa a través de los puntos 1 y 2 con las velocidades  $V_1$  y  $V_2$ , respectivamente, como se indica en la figura 1.

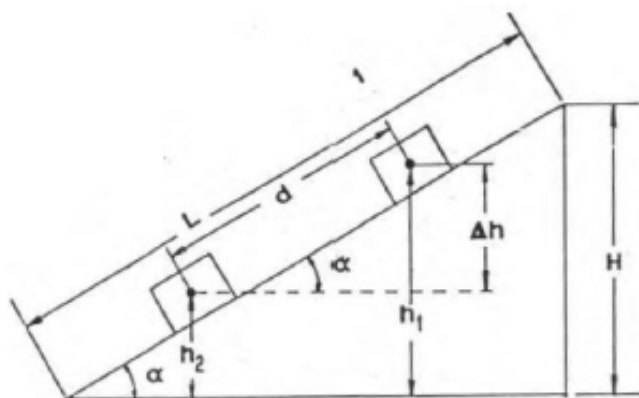


Figura 1. Movimiento descendente de un cuerpo sobre un Plano Inclinado.

La variación de Energía Cinética  $\Delta K$  que experimenta el deslizador de masa “m” al desplazarse una distancia d, se expresa así:

$$4) \quad \Delta k = [(1/2) (mv^2)]_2 - [(1/2) (mv^2)]_1$$

Y su respectiva variación de Energía Potencial  $\Delta U$ , será:

$$5) \quad \Delta U = mg (h_2 - h_1)$$

Si el sistema es puramente conservativo, al combinar las ecuaciones 3, 4 y 5 se debe cumplir que:

$$6) \quad \frac{\Delta K}{\Delta U} = \frac{(\frac{1}{2})m(V_2^2 - V_1^2)}{mg(h_2 - h_1)} = -1$$

Si llamamos  $\Delta h$  a la diferencia de alturas de los puntos 1 y 2, es decir,

$$7) \quad \Delta h = h_2 - h_1$$

Entonces, de la ecuación 6 se obtiene:

$$8) \quad \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g\Delta h} = -1$$

Si la razón  $\Delta K / \Delta U$  tuviera un valor diferente a -1, indicaría que además de las fuerzas conservativas, estarían actuando otras que no lo son, una de ellas en nuestro caso, sería la fuerza de fricción producida por el rozamiento del deslizador con el aire.

De la figura 1 se puede ver que:

$$9) \quad \sin(\alpha) = \frac{\Delta h}{d} = \frac{H}{L}$$

Por lo cual, la diferencia de alturas “ $\Delta h$ ” que existe entre los puntos 1 y 2 (ver figura 1) se puede expresar en función del desplazamiento “d”, de la siguiente manera:

$$10) \Delta h = \frac{H}{L} d$$

Siendo la L que aparece en estas ecuaciones, la longitud que hay entre los puntos de apoyo del Sistema de Flotación, cuyo valor es de 1.41m y H=0.05m, es la altura del bloque de aluminio que se emplea para proporcionar la inclinación adecuada al Sistema y  $\alpha$  es el Angulo de inclinación del mismo.

## Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
2. Impulsor de Aire FICER.
3. Cronómetro Digital FICER.
4. Amortiguador desmontable.
5. Deslizador con poste de interrupción.
6. Interruptor optoelectrónico.
7. Electromagneto de sujeción.

## Desarrollo

Para realizar este experimento, ejecute los siguientes pasos:

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2.

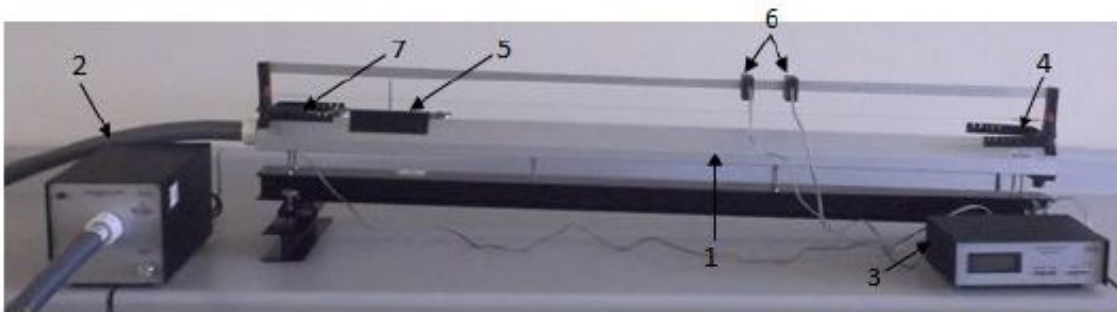


Figura 2. Instalación del Equipo.

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal.
3. Coloque el Sistema de Flotación Lineal como plano inclinado, para ello, utilice el bloque metálico de altura H = 0.05m.
4. Verifique que este bien instalado el Electromagneto de sujeción en su respectivo receptáculo.
5. Coloque los interruptores optoelectrónicos sobre la regla metálica.
6. Conecte el Electromagneto de sujeción y los interruptores optoelectrónico al Cronómetro Digital.
7. Seleccione un conjunto de seis puntos de la regla metálica espaciados uniformemente (d = 0.2m entre punto y punto).
8. Coloque juntos los interruptores optoelectrónico sobre el primer punto seleccionado, (el

más cercano al Electromagneto de sujeción). Cerciórese que las caras en contacto de ambos interruptores coincidan con este punto.

9. Encienda el Impulsor de Aire y el Cronómetro Digital; seleccione en este ultimo la escala de tiempo adecuada.
10. Lleve el deslizador hasta que su amortiguador haga contacto con el Electromagneto de sujeción, como se indica en la figura 1. Manténgalo con la mano en esa posición.
11. Oprima la tecla de iniciar del Cronometro, esta acción energizará el Electromagneto de sujeción y este a su vez, retendrá el deslizador, retire su mano del deslizador.
12. Suelte la tecla de iniciar del Cronómetro, esta acción liberará de la fuerza magnética al deslizador, y este iniciará instantáneamente su movimiento. El Cronómetro iniciará su lectura en el momento que el poste del deslizador pase por el primer interruptor, y la terminará al pasar por el segundo interruptor.
13. Anote la lectura de tiempo indicada en el Cronometro y llámela  $\Delta t$  Esta lectura corresponderá al tiempo que tarda el deslizador en recorrer la distancia fija  $\Delta x = 0.02\text{m}$ . Con el valor de la Media Aritmética de  $\Delta t$ , el valor fijo de  $\Delta x$  y empleando la ecuación  $v = \Delta x / \Delta t$ , se obtiene el valor de velocidad media que llevaba el deslizador cuando paso por el primer punto.
14. Coloque los interruptores optoelectrónicos en cada uno de los puntos seleccionados restantes y repita para cada nueva posición los pasos del 10 al 13.
15. Con los valores de las velocidades determinadas en los puntos seleccionados, construya la tabla I.
16. Calcule la diferencia de alturas  $\Delta h$ , para el par de puntos seleccionados mediante la ecuación:  

$$\Delta h = \frac{H}{L} d$$
17. Con el valor calculado de  $\Delta h$  y con los valores de las velocidades registradas en la Tabla I, construya la Tabla II.
18. Analizando los valores registrados en la Tabla II, se podrá determinar aquellos intervalos en los cuales el Sistema se asemeja más a un sistema conservativo.

## Cálculos y resultados

Posición	Velocidad(m/seg )
1	
2	
3	
4	
5	

Intervalo	$\frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g\Delta h}$
1,3	
2,4	
3,5	
4,6	
5,7	

---

## **Análisis de datos y conclusiones/comentarios**

Analice e indique todas las causas por las que el Sistema no es completamente conservativo. Diga la forma en que se podrá mejorar el experimento.

---

## **Rerefencias Bibliograficas**

---

## **Anexos**

---

---

## Práctica No. 11

### COLISIONES ELÁSTICAS

---

#### Resultados de aprendizaje

Investigar las cantidades físicas que se conservan durante una colisión perfectamente elástica.

---

#### Fundamento

Una colisión se define como una interacción entre cuerpos, la cual ocurre cuando éstos están lo suficientemente cercanos. Dicha interacción se realiza en un intervalo de tiempo  $\Delta t$  que es despreciable comparado con el tiempo en el cual se observa al Sistema.

Cuando los cuerpos chocan, actúa una fuerza relativamente grande sobre ellos y a pesar de que la acción de dicha fuerza dura un tiempo  $\Delta t$  muy pequeño, ésta logra cambiar el estado del movimiento de los cuerpos que interaccionan.

Una medida del movimiento de un cuerpo es el producto de su masa por su velocidad, a este término se le llama "cantidad de movimiento" o "Ímpetu". Se representa por el símbolo "P" y en el sistema MKS su unidad es el kilogramo-metro sobre segundo. Esta cantidad es una cantidad vectorial.

Experimentalmente se observa que cuando ocurren choques entre cuerpos, la cantidad de movimiento total del sistema no varía, es la misma antes y después del choque, esto constituye el principio de conservación del movimiento y es una regla invariable de la naturaleza.

En una colisión elástica la transmisión de Energía Cinética de una masa a otra, se realiza sin pérdidas, es decir, la Energía Cinética total del sistema al final de un choque es la misma que al inicio.

Ejemplo: Consideremos una colisión elástica en una dimensión entre dos esferas lisas de masas  $m_1$  y  $m_2$  que se mueven sin girar a lo largo de una línea recta y efectúan un choque frontal; y una vez realizada la colisión se siguen moviendo sobre la misma línea recta sin girar. Ver figura 1.

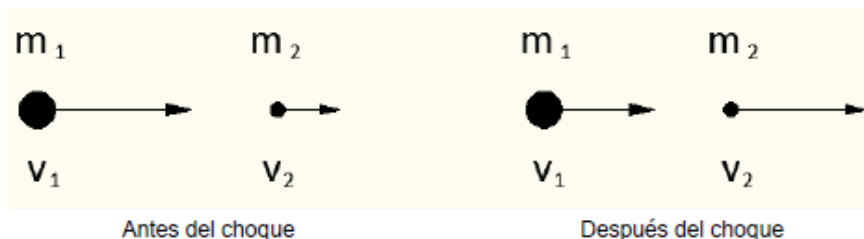


Figura 1. Dos esferas antes y después de una colisión elástica.

Si  $m_1$  y  $m_2$  son las masas de los cuerpos y  $V_1$ ,  $V_2$  son respectivamente sus velocidades que llevan antes de la colisión y  $V_1$ ,  $V_2$  son las velocidades que adquieren después de la colisión, por el Principio de la conservación del movimiento se tiene que:

$$1) \quad m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 V_1 + m_2 V_2 = \text{constante}$$

Como la colisión es perfectamente elástica, se conserva también la Energía Cinética del sistema, de modo que



$$2) \quad (1/2)(m_1V_1^2) + (1/2)(m_2V_2^2) = (1/2)(m_1V_1'^2) + (1/2)(m_2V_2'^2)$$

Ahora bien, si se conocen los valores de las masas y sus velocidades iniciales, es posible determinar las velocidades finales partiendo de las ecuaciones 1 y 2, y combinando éstas se puede concluir que:

$$3) \quad V_1 - V_2 = V_2' - V_1'$$

$$4) \quad V_1' = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) V_1 + \left( \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) V_2$$

$$5) \quad V_2' = \left( \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) V_1 + \left( \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) V_2$$

La ecuación 3 indica que en una colisión perfectamente elástica unidimensional, la velocidad relativa de acercamiento antes de la colisión es igual a la velocidad relativa de separación. Y las ecuaciones 4 y 5 proporcionan los valores de las velocidades finales después de la colisión.

Si consideramos que la masa  $m_2$  está en reposo, es decir, su velocidad inicial es igual a cero ( $V_2 = 0$ ) entonces, las ecuaciones 4 y 5 se reducen a:

$$6) \quad V_1' = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) V_1$$

$$7) \quad V_2' = \left( \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) V_1$$

Vamos a estudiar tres casos manteniendo la condición de reposo para el cuerpo de masa  $m_2$

- PRIMERO. Supongamos que las masas de los cuerpos son iguales  $m_1 = m_2$ . Si utilizamos las ecuaciones 6 y 7, se ve que:

$$8) \quad V_1' = 0 \text{ y } V_2' = V_1$$

De lo anterior se deduce que el cuerpo de masa  $m_1$  se detiene al chocar con el cuerpo de masa  $m_2$ , y éste se arranca con la velocidad que llevaba el cuerpo  $m_1$  en el instante justamente antes de la colisión.

- SEGUNDO. Si el cuerpo  $m_2$  tiene una masa mucho mayor que  $m_1$ , con las mismas ecuaciones 6 y 7, se llega a lo siguiente:

$$9) \quad V_1' \approx -V_1 \text{ y } V_2' \approx 0$$

Lo cual indica que cuando un cuerpo ligero choca contra otro de masa mucho mayor, la velocidad del cuerpo ligero se invierte, mientras el cuerpo masivo queda casi en reposo, ( $V_2' \approx 0$ ).

- TERCERO. El cuerpo de masa  $m_2$  es muy ligero en comparación con el de masa  $m_1$ , de las ecuaciones 6 y 7 se obtiene que:

$$10) \quad V_1' \approx V_1 \text{ y } V_2' \approx 2V_1$$

Esto significa que la velocidad del cuerpo de mayor masa casi no se altera en la colisión, pero la masa ligera  $m_2$  adquiere una velocidad que es aproximadamente el doble de la del cuerpo incidente.

El experimento contempla dos aspectos importantes; Uno de ellos se refiere a la producción de colisiones elásticas casi perfectas, el otro se refiere a la determinación de las velocidades que llevan los cuerpos antes y después de la interacción. Este último aspecto permite calcular los cambios que ocurren en el Ímpetu y en la energía

Cinética. Del sistema, lo cual sirve para determinar la elasticidad de la colisión.

Las colisiones elásticas se efectúan con buenos resultados sobre el Sistema de Flotación Lineal, pudiendo desarrollarse éstas de varias maneras; una de Ellas se logra utilizando dos deslizadores con amortiguadores, la otra se efectúa entre un deslizador y el amortiguador desmontable del Sistema de Flotación, en este caso se considera al Sistema como un cuerpo de masa muy grande. Por último, para producir una colisión sin pérdida de energía (colisión casi elástica), se pueden emplear dos imanes cerámicos pequeños, los cuales se instalan en los amortiguadores de los deslizadores, pegándolos con alguna cinta adhesiva y cuidando, que sus orientaciones magnéticas sean de tal manera que se repelan uno al otro, esta técnica da muy buenos resultados en colisiones de bajas velocidades.

**Nota :** Empleando este último método se puede lograr simular una explosión de la siguiente manera : Coloque sobre el Sistema de Flotación dos deslizadores cuyos amortiguadores tienen los imanes instalados como se menciona en el párrafo anterior, con el Impulsor de Aire apagado, acérquelos uno al otro lo más que se pueda, luego encienda el Impulsor de Aire regulando lentamente el flujo del aire , al quedar ambos deslizadores libres del efecto de la fricción, saldrán disparados en direcciones opuestas debido a la repulsión magnética.

Por medio del sistema de lanzamiento se le proporciona al deslizador el impulso requerido para efectuar la colisión. Nota: Efectúe colisiones de baja velocidad.

Las velocidades que llevan ambos deslizadores antes y después de la colisión, se determinan en forma indirecta a través de un doble registro simultáneo con el Generador de Chispas.

Concluyendo: El experimento se desarrolla de la siguiente manera Efectúe tres colisiones; En la primera se hace incidir un deslizador sobre otro que se encuentra en reposo estático, cuya masa es igual a la del incidente. En la segunda colisión, al deslizador que se encuentra en reposo se le agrega masa utilizando el juego de pesas, hasta lograr que ésta sea mucho mayor que la del deslizador incidente.

Se recomienda como otra opción, sustituir el deslizador estático por el Sistema de Flotación, es decir, efectuar la colisión del deslizador liviano sobre uno de los amortiguadores del Sistema de Flotación, esto asegura la condición de que la masa del cuerpo que se encuentra en reposo sea mucho mayor. En la tercera colisión, el deslizador incidente debe tener una masa mayor que la del estático , para cumplir con esta condición, se le agrega masa al deslizador incidente, o bien, se juntan dos deslizadores pegando con una cinta adhesiva sus amortiguadores, para formar uno solo. En cada una de las colisiones se determina la velocidad “V”, el Ímpetu “P” y la Energía Cinética “K” que ambos deslizadores tienen antes y después de la colisión.

Esta información se coloca en una Tabla de Datos con la finalidad de poder identificar fácilmente las cantidades físicas que se conservan en las diferentes colisiones.

---

## Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal FICER.
2. Impulsor de Aire FICER.
3. Generador de Chispas FICER.
4. Deslizadores con electrodo de chispeo.
5. Pasador metálico.
6. Amortiguador desmontable.
7. Regla metálica y Regla de chispeo.
8. Papel de registro.
9. Banda de hule elástica

## Desarrollo

Para efectuar el experimento ejecute los siguientes pasos:

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2.

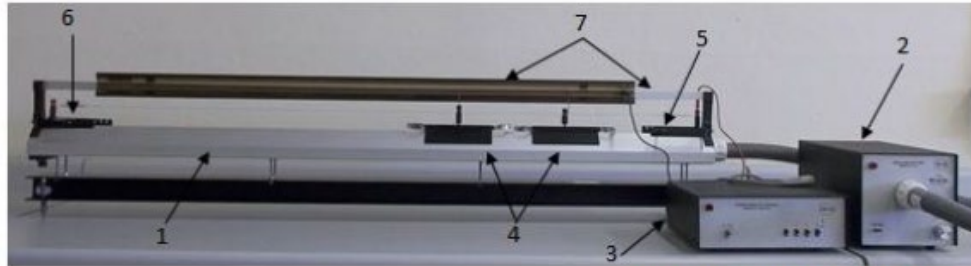


Figura 2. Instalación del equipo

2. Nivela el Sistema de Flotación. Cerciórese que esté instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo y, ajuste los electrodos de chispeo de los deslizadores para efectuar un doble registro simultáneo de posición y tiempo.
3. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia de chispeo adecuada.
4. Coloque en la parte media del Sistema de Flotación uno de los deslizadores y llame a su masa previamente conocida  $m_2$ , éste deberá permanecer en reposo si el Sistema de Flotación está bien nivelado. Manténgalo en esa posición.
5. Prepare el otro deslizador (cuya masa  $m_1$  deberá ser igual a la del primero) para ser lanzado con el sistema de lanzamiento.
6. Lance el deslizador de masa  $m_1$  y efectúe un doble registro simultáneo con el Generador de Chispas.
7. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo y determine las velocidades que llevaban ambos deslizadores antes y después de la colisión; llame a éstas  $v_1$  y  $v_2$  antes de la colisión y  $V_1$  y  $V_2$  después de la colisión.
8. Con los valores de las masas y con las velocidades determinadas en el punto 7, calcule el Ímpetu total y la Energía Cinética total antes y después de la colisión, de acuerdo con las siguientes ecuaciones: Antes de la colisión,

**11)**  $P_1 = m_1v_1 + m_2v_2$

**12)**  $K_1 = (1/2)(m_1v_1^2) + (1/2)(m_2v_2^2)$

Después de la colisión

**13)**  $P_2 = m_1V_1 + m_2V_2$

**14)**  $K_2 = (1/2)(m_1V_1^2) + (1/2)(m_2V_2^2)$

9. Con los valores de los Ímpetus y de las Energías Cinéticas (antes y después de la colisión) calculados en el punto 9, determine las variaciones del Ímpetu y de la Energía Cinética mediante las siguientes ecuaciones:

**15)**  $\Delta p = P_2 - P_1$

16)  $\Delta K = K_2 - K_1$

10. Repita el experimento, pero ahora con la condición de que la masa  $m_1$  del deslizador que se lanza, sea mucho menor que la masa  $m_2$  del deslizador que se encuentra en reposo. Ésta condición se logra perfectamente si se sustituye el deslizador en reposo por el Sistema de Flotación Lineal, es decir, si el deslizador móvil se hace chocar con el amortiguador del Sistema de Flotación.
11. Repita nuevamente el experimento, pero, ahora la masa  $m_1$  del deslizador móvil deberá ser mucho mayor que la masa  $m_2$  del deslizador en reposo. Esto se logra agregando masa (pesas) al deslizador móvil o bien, uniendo dos deslizadores con cinta adhesiva a través de sus amortiguadores y lanzándolos así.
12. Con los valores calculados, del Ímpetu y la Energía Cinética (antes y después de cada colisión), y con los valores determinados de sus variaciones, llene la Tabla de Datos.
13. Analice la información contenida en la Tabla I y observe que tan elásticas fueron las diferentes colisiones que se realizaron.

## Cálculos y resultados

**Tabla I**

Masa (kg)	Energía Potencial $P_1$ (J)	Energía Potencial $P_2$ (J)	Energía Cinética $K_1$ (J)	Energía Cinética $K_2$ (J)	$\Delta p$ (J)	$\Delta K$ (J)
$m_1 = m_2$						
$m_1 < m_2$						
$m_1 > m_2$						

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Compare los valores de  $\Delta p$  y  $\Delta K$  con los valores esperados teóricamente, si hay mucha diferencia entre ellos, enuncie las posibles fuentes de errores. Repita el experimento tratando de minimizar dichos errores y compare los valores del nuevo experimento con los anteriores.

## Rerefencias Bibliograficas

## Anexos

---

## Práctica No. 12

# COLISIONES INELÁSTICAS

---

### Resultados de aprendizaje

El objetivo del experimento es determinar en una colisión inelástica, la pérdida de la Energía Cinética del sistema, como función de las masas de los cuerpos que intervienen en la colisión.

---

### Fundamento

En una Colisión Inelástica no se conserva la Energía Cinética del sistema, es decir, la Energía Cinética  $K_1$  antes de la colisión es distinta a la Energía Cinética  $K_2$  después del choque. Sin embargo, hay conservación en el Ímpetu o Cantidad de Movimiento del sistema.

Cuando dos cuerpos se adhieren después de la colisión, se dice que ésta es completamente inelástica. Ahora bien, el término completamente inelástico no significa que se pierda toda la Energía Cinética, sino que la pérdida de ella, es tan grande como lo permite el Principio de la Conservación del Ímpetu. A través del siguiente ejemplo, se mostrará para su estudio un caso de colisión completamente inelástica.

Supongamos que se dispara un rifle sobre un blanco situado en una plataforma, la cual se puede deslizar sobre unas vías sin rozamiento, como se muestra en la figura 1.

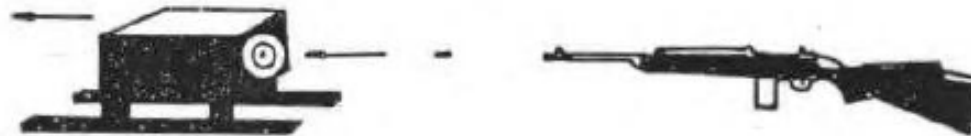


Figura 1. Disparo de un rifle sobre un blanco que se encuentra en una superficie sin fricción.

Además, supongamos también que el blanco y la plataforma se encuentran en reposo (velocidad cero) antes de que la bala golpee al blanco. Así, al pasar e incrustarse la bala en dicho blanco, provoca que la plataforma y la bala se muevan juntas con una velocidad " $V$ ". El problema es encontrar la velocidad de la plataforma después de recibir el impacto de la bala, así como, la razón de la Energía Cinética  $K_2$  después del impacto, a la Energía  $K_1$  antes del mismo. Si se conocen la masa " $m$ " de la bala y la masa " $M$ " de la plataforma, se puede determinar la velocidad " $V$ " de ambas después del impacto en función de la velocidad " $v$ " que llevaba la bala antes del mismo, empleando el Principio de la Conservación del Ímpetu, como se indica en la siguiente ecuación.

$$1) \quad mv = (m + M) V$$

Donde el término " $mv$ " representa el Ímpetu de la bala antes del impacto y el término  $(m + M) V$ , representa el Ímpetu del sistema después de la colisión. De esta misma ecuación se puede obtener la velocidad  $V$  mediante la siguiente expresión.

$$2) \quad V = \left( \frac{m}{m+M} \right) v$$

De la cual se puede ver que:

$$3) \frac{V}{v} = \left( \frac{m}{m+M} \right)$$

La Energía Cinética de la bala antes del impacto se determina mediante la siguiente ecuación.

$$4) K = (1/2) mv^2$$

Y la Energía Cinética del sistema (bala + plataforma) después del impacto será:

$$5) K_2 = (1/2) (m + M) V^2$$

Quedando definida la razón de estas Energías mediante la siguiente ecuación

$$6) \left( \frac{K_2}{K_1} \right) = \left( \frac{M+m}{m} \right) \left[ \frac{V}{v} \right]^2$$

Si combinamos las ecuaciones 3 y 6, se puede encontrar dicha razón en función de las masas, como se indica,

$$7) \left( \frac{K_2}{K_1} \right) = \left( \frac{m}{M+m} \right)$$

De donde,

$$8) K_2 = K_1 \left( \frac{m}{M+m} \right)$$

Si observamos esta ecuación, vemos que la Energía K2 después del Impacto es menor que la Energía K1 antes del mismo, esto indica que durante la colisión no se conserva la Energía Cinética del sistema.

La condición para que una colisión entre los deslizadores se considere perfectamente elástica, es que después del choque, permanezcan unidos y se muevan como un solo cuerpo. Lo anterior se logra pegando una cinta adherible de Velcro a los amortiguadores (de los deslizadores) que entrarán en contacto en la colisión.

Para realizar una colisión entre deslizadores en el Sistema de Flotación, deberá colocarse uno de ellos en reposo en la parte central de la guía rectilínea y el otro deslizador deberá ser lanzado contra el primero utilizando el sistema de lanzamiento,

Para determinar las Energías Cinéticas de los deslizadores antes y después de la colisión, se deberá efectuar un registro simple de posición y tiempo, el cual permitirá conocer las velocidades que llevaban los deslizadores antes y después de la colisión.

Una vez obtenidas las velocidades de los deslizadores antes y después de la colisión, sus Energías Cinéticas se determinan mediante las siguientes ecuaciones. Antes de la colisión:

$$9) K_1 = (1/2) mv^2$$

Donde "m" es la masa del deslizador móvil y "v", su velocidad justamente antes de la colisión. Después de la colisión:

$$10) K_2 = (1/2) (M + m) V^2$$

Siendo "M" la masa del deslizador en reposo y "V" la velocidad con que se mueven los dos deslizadores juntos un instante después de la colisión.

La pérdida de Energía Cinética en la colisión se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$11) \Delta K = K_2 - K_1$$

El experimento deberá contemplar la realización y análisis de tres colisiones diferentes:

La primera con deslizadores de igual masa, la segunda con la masa del deslizador móvil menor que la del deslizador en reposo, y la tercera, con la masa del deslizador móvil mayor que la del deslizador en reposo.

---

## Equipo y material

1. Sistema de Flotación Lineal.
  2. Impulsor de Aire FICER.
  3. Generador de Chispas FICER.
  4. Regla metálica y Regla de chispeo.
  5. Deslizador con electrodo de chispeo.
  6. Deslizador sin electrodo de chispeo.
  7. Juego de pesas para el deslizador.
  8. Amortiguador desmontable.
  9. Banda de hule.
  10. Pasador metálico.
  11. Tira de papel de registro.
  12. Trozo de hilo.
  13. Tira de material Velcro.
- 

## Desarrollo

Para efectuar el experimento, ejecute los siguientes pasos:

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2.

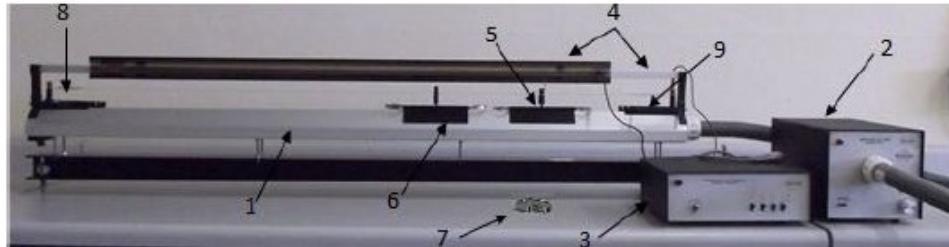


Figura 2. Instalación del equipo

2. Nivele el Sistema de Flotación Lineal. Cerciórese que esté instalada la tira de papel de registro en la regla de chispeo, coloque la cinta de Velcro auto adherible en los amortiguadores de los deslizadores.
3. Ajuste el electrodo de chispeo del deslizador móvil para efectuar un registro simple de posición y tiempo.
4. Encienda el Impulsor de Aire y el Generador de Chispas, seleccione en este último la frecuencia de chispeo adecuada.
5. Coloque en la parte media del Sistema de Flotación, el deslizador sin electrodo de chispeo y llame a su masa previamente conocida “ $m_2$ ”. Esta deberá permanecer en reposo si el Sistema de Flotación está bien nivelado, manténgalo en esa posición.
6. Prepare el otro deslizador (cuya masa “ $m_1$ ” deberá ser igual a la del primero) para ser lanzado con el sistema de lanzamiento.

7. Lance el deslizador de masa “ $m_1$ ” y efectúe un registro simple con el Generador de Chispas.
8. Retire la tira de papel de registro de la regla de chispeo, determine la velocidad “ $v$ ” que llevaba el deslizador móvil un instante antes del choque y la velocidad “ $V$ ” del conjunto formado por los dos deslizadores un instante después del choque.
9. Con los valores de las masas y con las velocidades determinadas en el punto 8, calcule las Energías Cinéticas antes y después del choque, empleando para ello, las ecuaciones 9 y 10 respectivamente. También calcule el cambio de la Energía Cinética  $\Delta K$ , empleando la ecuación 11.
10. Repita el experimento, pero ahora con la condición de que la masa “ $m_2$ ” del deslizador que se lanza, sea menor que la masa “ $m_3$ ” del deslizador que se encuentra en reposo. Esta condición se logra colocándole pesas al deslizador en reposo.
11. Repita nuevamente el experimento, pero ahora la masa “ $m_3$ ” del deslizador móvil deberá ser mayor que la masa “ $m_2$ ” del deslizador en reposo. Esto se logra colocando pesas al deslizador móvil.
12. Con los valores calculados de las Energías Cinéticas (antes y después de la colisión) y con los valores determinados de sus variaciones, llene una Tabla de Datos.
13. Analice la información contenida en la Tabla I y observe en cuál de las tres colisiones efectuadas hay mayor pérdida de Energía cinética.

## Cálculos y resultados

**Tabla I**

Masa $m$ (Kg)	Energía Cinética $K_1$ (J)	Energía Cinética $K_2$ (J)	$K_2/K_1$
$m_1 = m_2$			
$m_1 < m_2$			
$m_1 > m_2$			

## Análisis de datos y conclusiones/comentarios

Compare los valores de la última columna de la Tabla 1 y explique la razón por la cual difieren entre sí estos valores. Discuta con su Instructor y Compañeros, las posibles causas por las que difieren los valores de  $K_2/K_1$  para cada colisión, de sus respectivos valores obtenidos teóricamente empleando la ecuación 7.

## Rerefencias Bibliograficas



---

## **Anexos**

---

