
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	1/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Manual de Prácticas de Laboratorio de Física Experimental


Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M en E. Elizabeth Aguirre Maldonado  M en I. Rigel Gámez Leal  Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	M en A. M. del Carmen Maldonado Susano  Q. Antonia del Carmen Pérez León  Q. Esther Flores Cruz  M. en I Mayverena Jurado Pineda  M en I Juan Carlos Cedeño Vázquez  M en I. Rigel Gámez Leal  Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	4 de agosto de 2023

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	2/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

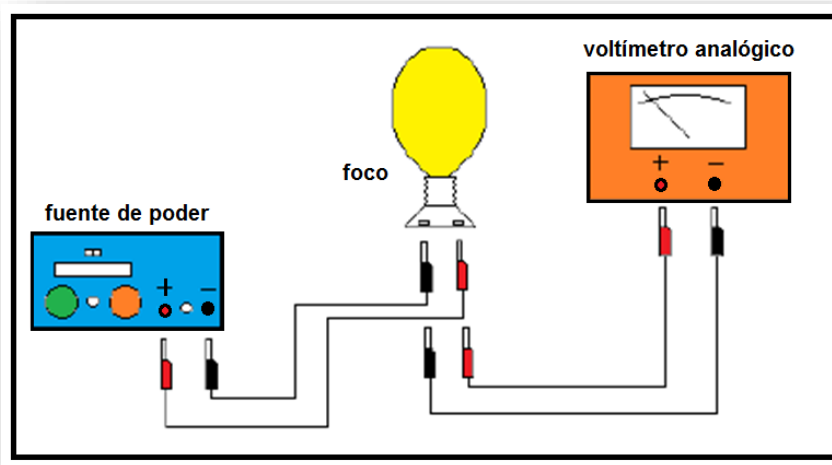
# Contenido


## Páginas

Práctica 1.	Caracterización de un voltímetro analógico .....	3
Práctica 2.	Caracterización de un dinamómetro .....	12
Práctica 3.	Movimiento uniformemente acelerado .....	21
Práctica 4.	Movimiento y energía en un plano inclinado .....	34
Práctica 5.	Propiedades de las sustancias .....	47
Práctica 6.	Gradiente de presión .....	54
Práctica 7.	Algunas propiedades térmicas del agua .....	61
Práctica 8.	Leyes de la Termodinámica .....	71
Práctica 9.	Carga y corriente eléctrica .....	78
Práctica 10.	Fuerza magnética sobre un conductor .....	87
Práctica 11.	Movimiento ondulatorio .....	96
Práctica 12.	Reflexión y refracción (transmisión) de la luz .....	104

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	3/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 1. Caracterización de un voltímetro analógico




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	4/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Foco incandescente	Quemadura por tocar la ampolla del mismo al estar encendido y/o recién apagado igualmente al acercarle la cara.
2	Fuente de poder	Girar las 2 perillas de corriente y voltaje en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, por si la brigada del grupo anterior las dejó al máximo y al encender la fuente se pueda dañar el circuito.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Determinar el rango, la resolución y la legibilidad del voltímetro (características estáticas).
- Calcular la precisión y la exactitud del voltímetro para cada valor patrón en el rango de experimentación.
- Determinar la incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.
- Determinar los valores más representativos para los valores patrones utilizados incluyendo sus incertidumbres.
- Obtener la curva de calibración y su ecuación para el voltímetro bajo estudio.
- Determinar la sensibilidad y el error de calibración del voltímetro.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	5/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- fuente de poder de 0 hasta 30 [V] con 5 [A] máximo, con voltímetro digital integrado
- voltímetro analógico de 0 a 50 [V]
- foco incandescente de 60 [W]
- base para foco con cables de conexión
- cuatro cables de conexión cortos

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1


Analice el voltímetro por caracterizar y registre sus características estáticas. Verifique el **ajuste a cero** del voltímetro y, de ser necesario, haga el ajuste mecánico con el tornillo colocado al centro de la parte inferior de la carátula, como se indica en la figura 1.1.



Figura 1.1. Voltímetro analógico.

Tabla 1.1

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	6/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Arme el circuito mostrado en la figura 1.2, sin poner en funcionamiento la fuente de poder y verifique que las perillas de corriente y voltaje estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (  $\curvearrowright$  ).

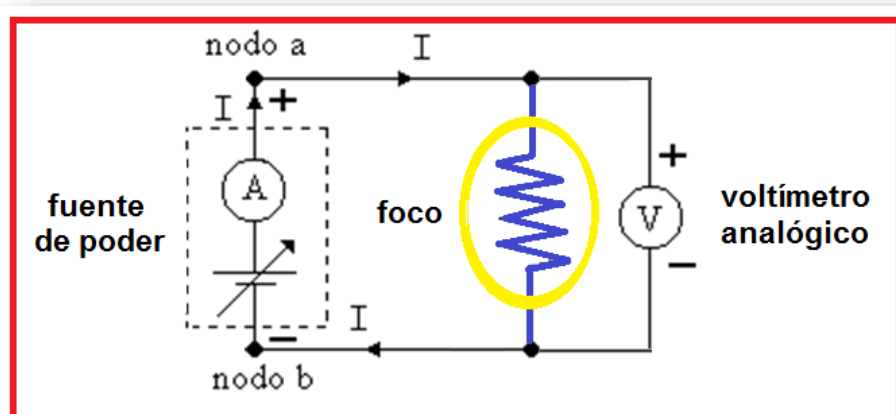
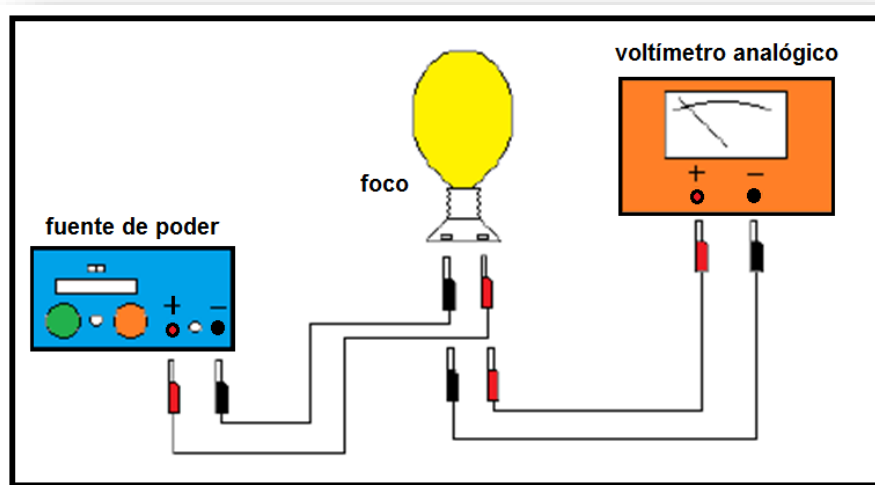



Figura 1.2. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	7/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Encienda la fuente y con giros pequeños de las dos perillas gradúe los valores de la diferencia de potencial (voltaje) aplicada al foco, en el circuito; **tome el valor del voltímetro digital como el valor patrón y a la lectura realizada en el voltímetro analógico como el valor leído.**

Calcule el valor leído promedio, la desviación estándar y el valor más representativo con su incertidumbre para cada valor patrón utilizado. Complete la tabla 1.2.

**Tabla 1.2**

$V_P$ [V]	$V_{L1}$ [V]	$V_{L2}$ [V]	$V_{L3}$ [V]	$V_{L4}$ [V]	$V_{L5}$ [V]	$\bar{V}_L$ [V]	$S_v$ [V]	$\bar{V}_L \pm \Delta V$ [V]
2.5								
4.5								
6.5								
8.5								
10.5								
12.5								

### Nomenclatura


$V_P$  : valor patrón.

$\bar{V}_L$  : valor leído promedio.

$\Delta V$  : incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.

$\bar{V}_L \pm \Delta V$  : valor más representativo con su incertidumbre.

$S_v$  : desviación estándar.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	8/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Con el valor patrón y el valor leído promedio obtenido, realice los cálculos necesarios y complete la tabla 1.3.

**Tabla 1.3**

$V_P$ [V]	$\bar{V}_L$ [V]	% EE	% E	% EP	% P
2.5					
4.5					
6.5					
8.5					
10.5					
12.5					


## Nomenclatura

$V_P$	: valor patrón.
$\bar{V}_L$	: valor leído promedio.
% EE	: porcentaje de error de exactitud.
% E	: porcentaje de exactitud.
% EP	: porcentaje de error de precisión.
% P	: porcentaje de precisión.
$\Delta V$	: incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.
$\bar{V}_L \pm \Delta V$	: valor más representativo con su incertidumbre.

## Actividad 5

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos del valor leído promedio en función del valor patrón.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	9/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Cuestionario


1. ¿Para qué valor de  $V_p$  el voltímetro presenta menor error de exactitud?
2. ¿Para qué valor de  $V_p$  el voltímetro presenta menor error de precisión?
3. Realice la gráfica de la curva de calibración; tome al Valor patrón ( $V_p$ ) como la variable independiente.
4. Obtenga la ecuación de la curva de calibración indicando las unidades de cada término en el SI.
5. ¿Cuál es la sensibilidad del voltímetro y su error de calibración, cada uno con sus unidades correspondientes en el SI?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Gutiérrez Aranzeta, Carlos; Introducción a la metodología experimental, 2da. Edición, México, Limusa Noriega, 2006.

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	10/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas

$$\%EE = \left| \frac{V_P - \bar{V}_L}{V_P} \right| \times 100 \quad \%E = 100 - \%EE$$

$$\%EP = \left| \frac{\bar{V}_L - V_{+a}}{\bar{V}_L} \right| \times 100 \quad \%P = 100 - \%EP$$


**Desviación estándar de una muestra de “n” mediciones de una misma cantidad física:**

$$S_V = \pm \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{V}_L - V_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad y \quad \Delta V = S_{mV} = \frac{\pm S_V}{\sqrt{n}} ;$$

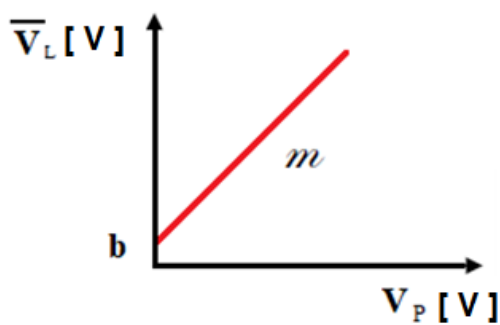
$$[\Delta V]_u = [S_{mV}]_u = [S_V]_u$$

**Expresiones del método de la suma de los cuadrados mínimos:**

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	11/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Modelos gráficos

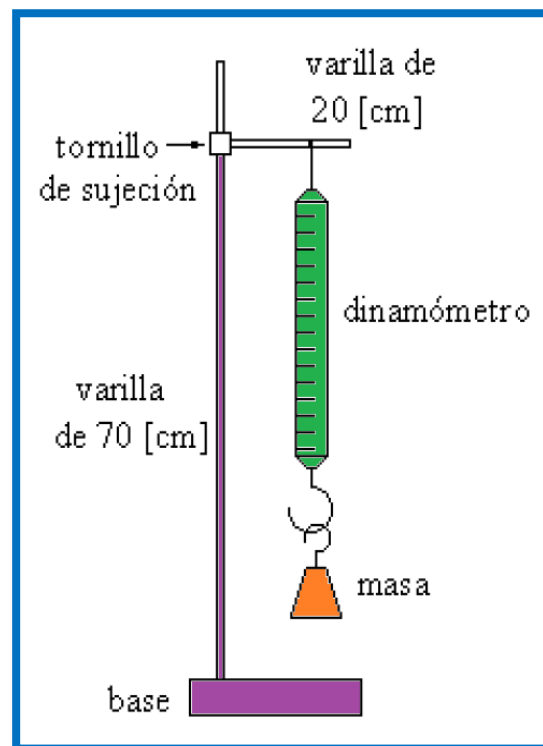



## Modelo matemático

$$\overline{V}_L[V] = m [1]V_P [V] + b [V]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	12/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 2. Caracterización de un dinamómetro



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	13/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Peso de las masas patrón	Al manipular las masas inadecuadamente se pueden caer y causar daños.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Determinar las características estáticas del dinamómetro empleado.
- Determinar el error de exactitud (**%EE**) y el porcentaje de exactitud (**%E**) del dinamómetro para cada valor patrón.
- Determinar el error de precisión (**%EP**) y el porcentaje de precisión (**%P**) del dinamómetro para cada valor patrón.
- Determinar la incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.
- Determinar los valores más representativos para los valores patrones utilizados incluyendo sus incertidumbres.
- Obtener los modelos gráfico y matemático de la curva de calibración.
- Identificar el significado físico de la pendiente y el de la ordenada al origen de los modelos de la curva de calibración.

## 3. Material y equipo

- dinamómetro de 0 a 10 [N]
- masa de 50 [g]
- masa de 100 [g]
- masa de 200 [g]
- base de soporte universal
- varilla de 70 [cm]
- varilla de 20 [cm]
- tornillo de sujeción

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	14/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

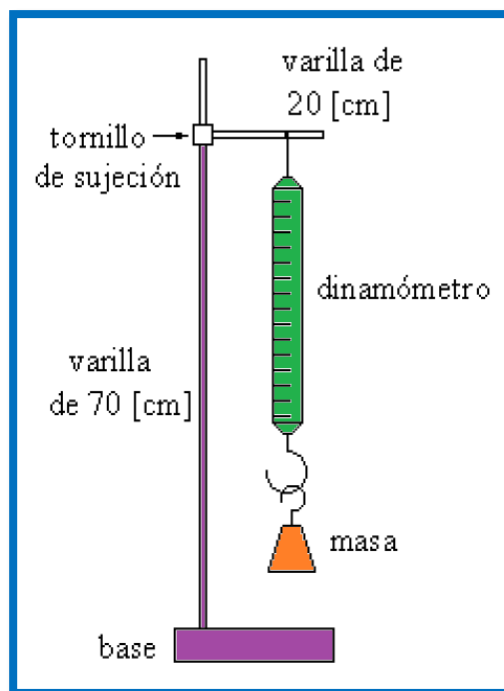
Analice el dinamómetro y registre sus características estáticas. Llene la tabla 2.1.

**Tabla 2.1**


Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

Verifique el **ajuste a cero** del dinamómetro, éste puede realizarse al aflojar la tuerca superior y girar el gancho del soporte hasta que la parte media del indicador marque cero, una vez hecho esto apretar la tuerca superior para asegurarlo. Coloque el dinamómetro en el soporte universal para realizar las mediciones, como se indica en la figura 2.1.



**Figura 2.1. Dispositivo experimental del dinamómetro.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	15/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3


Calcule el módulo del peso patrón  $W_p$  de cada masa patrón  $m_p$ , aplicando la segunda ley de Newton ( $W_p = m_p g$ ) y el módulo del valor de la aceleración gravitatoria local ( $|\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ ). Llene la tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

$m_p$ [g]	$m_p$ [kg]	$W_p$ [N]
50		
100		
150		
200		
250		
300		
350		

### Nomenclatura

$W_p$  : peso patrón [N].  
 $m_p$  : masa patrón [kg].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	16/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Cuelgue en el dinamómetro las masas patrones de manera sucesiva y registre el peso leído de cada una; efectúe las mediciones en forma creciente y luego decreciente hasta completar las cuatro columnas ( $W_{L1}$ ,  $W_{L2}$ ...  $W_{L5}$ ). Copie el peso patrón de la tabla 2.2 y complete la tabla 2.3.


**Tabla 2.3**

$W_P$ [N]	$W_{L1}$ [N]	$W_{L2}$ [N]	$W_{L3}$ [N]	$W_{L4}$ [N]	$W_{L5}$ [N]	$\overline{W}_L$ [N]	$S_v$ [N]	$\overline{W}_L \pm \Delta W$ [N]

## Nomenclatura

- $W_P$  : valor del módulo del peso patrón [N].  
 $\overline{W}_L$  : valor del peso leído promedio [N].  
 $S_v$  : desviación estándar.  
 $\overline{W}_L \pm \Delta W$  : valor más representativo con su incertidumbre.  
 $\Delta W$  : incertidumbre para las mediciones de cada peso patrón utilizado.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	17/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Para cada peso patrón calculado, complete los datos solicitados en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4**


$W_P$ [N]	$\overline{W}_L$ [N]	%EE	%E	%EP	%P

## Nomenclatura

- $W_P$  : peso patrón [N].  
 $\overline{W}_L$  : peso leído promedio [N].  
 % EE : porcentaje de error de exactitud.  
 % E : porcentaje de exactitud.  
 % EP : porcentaje de error de precisión.  
 % P : porcentaje de precisión.

## Actividad 6

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos del peso leído promedio en función del peso patrón.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	18/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. Realice la gráfica del porcentaje de error de exactitud en función del valor patrón e indique ¿para qué valor patrón se tuvo el mayor error de exactitud?
2. Realice la gráfica del porcentaje de error de precisión en función del valor patrón e indique ¿para qué valor patrón se presentó el mayor error de precisión?
3. Realice el modelo gráfico de la curva de calibración. Indicando las unidades de cada término en el SI.
4. Obtenga el modelo matemático de la curva de calibración, indicando las unidades de cada término en el SI.
5. Para cada término del modelo matemático del inciso anterior indique si es constante, variable independiente o variable dependiente y escriba su expresión dimensional en el SI.

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía.

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	19/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas

$$W_P = m_P g \quad \text{en la cual} \quad |\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\%EE = \left| \frac{V_P - \bar{V}_L}{V_P} \right| \times 100 \quad \%E = 100 - \%EE$$

$$\%EP = \left| \frac{\bar{V}_L - V_{+a}}{\bar{V}_L} \right| \times 100 \quad \%P = 100 - \%EP$$


**Desviación estándar de una muestra de “n” mediciones de una misma cantidad física:**

$$S_W = \pm \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{W}_L - W_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \text{y} \quad \Delta W = S_{mW} = \frac{\pm S_W}{\sqrt{n}};$$

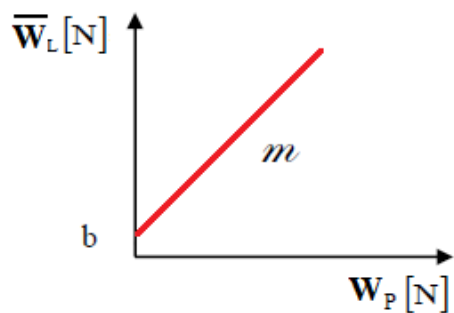
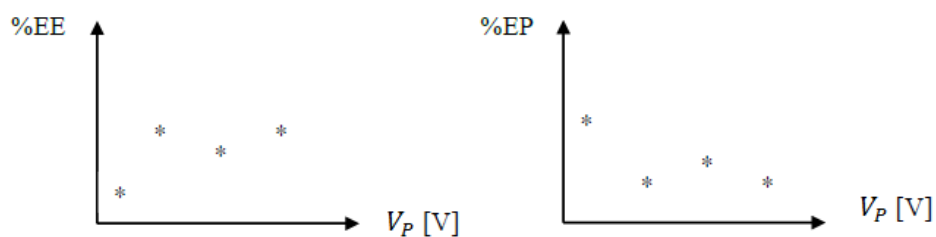
$$[\Delta W]_u = [S_{mW}]_u = [S_W]_u$$

**Expresiones del método de la suma de los cuadrados mínimos:**

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	20/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Modelos gráficos




## Modelo matemático

$$\bar{W}_L [\text{N}] = m [1] W_P [\text{N}] + b [\text{N}]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	21/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 3. Movimiento uniformemente acelerado



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	22/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Base del soporte universal.	Mal colocado en la mesa puede caerse y causar un daño.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Determinar las características estáticas del cronómetro utilizado.
- Obtener el modelo gráfico del tiempo  $t$  de caída en función del desplazamiento  $S$  de una esfera con movimiento uniformemente acelerado; es decir:  $t = f(S)$ .
- Obtener los modelos gráficos y matemático lineales del desplazamiento  $S$  de una esfera con movimiento uniformemente acelerado en función de la variable  $z$ , donde  $z = t^2$  y  $t$  es tiempo de caída.
- Obtener la rapidez  $v$  de la esfera con movimiento uniformemente acelerado en función del tiempo.
- Obtener la aceleración  $a$  de la esfera con movimiento uniformemente acelerado en función del tiempo.

## 3. Material y equipo

- equipo didáctico para el movimiento uniformemente acelerado
- base de soporte universal
- varilla de 1 [m]
- dos tornillos de sujeción
- flexómetro
- caja de madera mediana
- esfera

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	23/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1


Analice el cronómetro digital e identifique sus características estáticas. Llene la tabla 3.1.



Figura 3.1. Cronómetro.

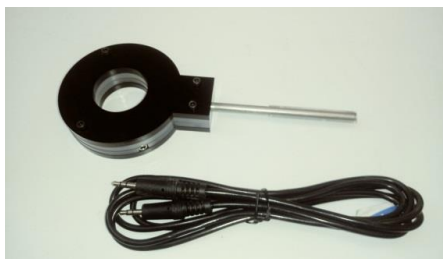
Tabla 3.1

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	24/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Identifique los componentes del equipo didáctico para el movimiento uniformemente acelerado.



Actuador con su cable



placa de contacto




cronómetro digital



esfera



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	25/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Arme y conecte el equipo sin encenderlo, como se muestra en la figura 3.1.

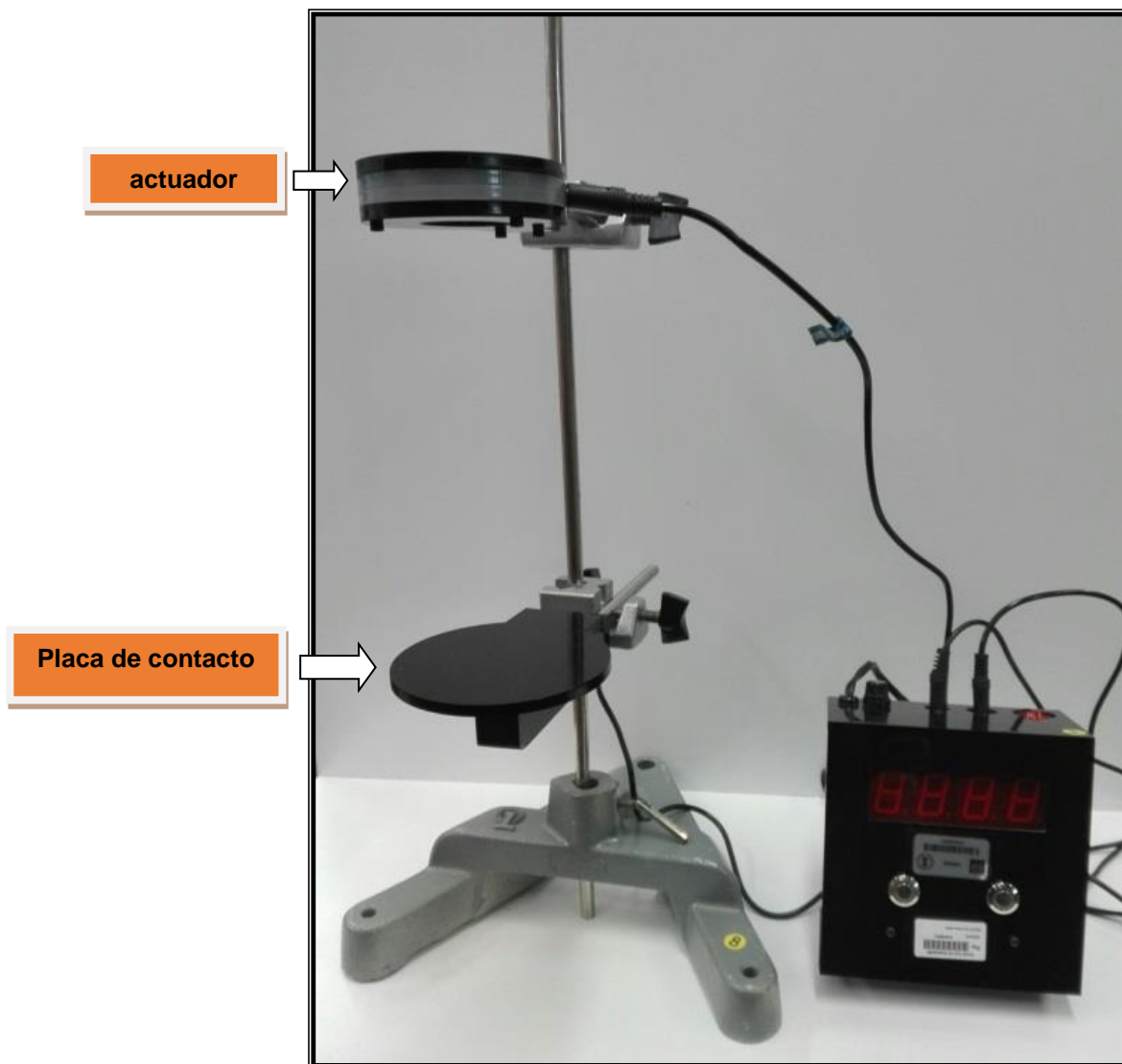



Figura 3.1. Diagrama de conexión.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	26/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Instrucciones de armado

- Verifique que el actuador y la placa de contacto estén conectados en sus respectivas entradas en el cronómetro digital, el cronómetro deberá estar apagado.
- Conecte el cable del actuador al enchufe marcado con el número 1 en el cronómetro digital y conecte el cable de la placa de contacto al enchufe marcado con el número 2. Como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2. Cables de conexión del cronómetro digital.

- Coloque la esfera en la parte superior del actuador de modo que quede próxima al orificio de éste y suéltela, para activar el cronómetro con su caída, como se muestra en la figura 3.3.

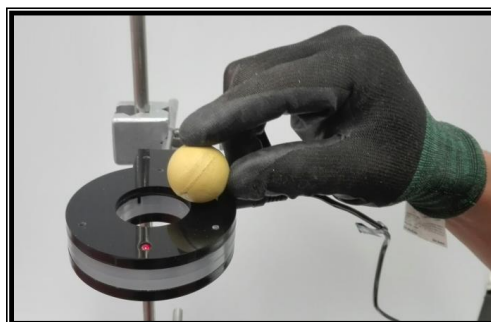



Figura 3.3. Esfera en el actuador.

- Ajuste una altura máxima **S de 70 [cm]** entre el actuador y la placa de contacto.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	27/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- e) Encienda el cronómetro digital, oprimiendo su interruptor de color rojo en la parte superior. El botón izquierdo de la carátula deberá tener una luz azul, lo que indica que el cronómetro está listo para medir el tiempo de caída de la esfera, como se muestra en la figura 3.4.

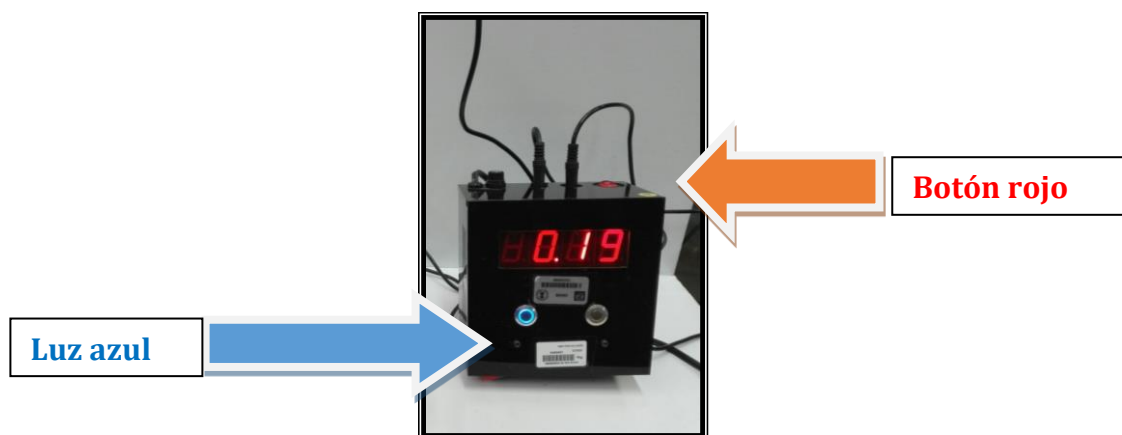



Figura 3.4. Botones del cronómetro digital.

- f) Oprima el botón izquierdo de la carátula del cronómetro digital, para que el actuador detecte a la esfera.
- g) Cuando la esfera caiga y toque la placa de contacto, se detendrá la medición de tiempo en el cronómetro digital.
- h) Se deberá **colocar la caja de madera debajo de la placa de contacto** para que caiga la pelota en esta y evitar que caiga al piso.
- i) Para cada medición a realizar, **se deberá poner en ceros el cronómetro digital** oprimiendo nuevamente el botón derecho, con esto el equipo quedará listo para la siguiente medición.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	28/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Varíe el desplazamiento y mida el tiempo leído de caída de la esfera. Calcule el tiempo leído promedio  $\bar{t}_L$  y el valor más representativo con su incertidumbre ( $\bar{t}_L \pm \Delta t$ ) para cada desplazamiento S. Llene la tabla 3.2.

**Tabla 3.2**

S [m]	$t_{L1}$ [s]	$t_{L2}$ [s]	$t_{L3}$ [s]	$t_{L4}$ [s]	$t_{L5}$ [s]	$\bar{t}_L$ [s]	$S_v$ [s]	$\bar{t}_L \pm \Delta t$ [s]
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								

## Nomenclatura


S : desplazamiento [m].

$\bar{t}_L$  : tiempo leído promedio [s].

$\Delta t$  : incertidumbre del tiempo leído promedio [s].

( $\bar{t}_L \pm \Delta t$ ) : valor más representativo con su incertidumbre.

$S_v$  : desviación estándar.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	29/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Calcule el tiempo patrón para cada tiempo leído promedio de caída de la esfera. Realice los cálculos necesarios para completar la tabla 3.3.

La expresión matemática para calcular el tiempo patrón es:  $t_p = \sqrt{\frac{2S}{g}}$

**Tabla 3.3**

S [m]	$\bar{t}_L$ [s]	$t_p$ [s]	%EE	%E
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				

## Nomenclatura

S : desplazamiento [m].


$\bar{t}_L$  : tiempo leído promedio [s].

$t_p$  : tiempo patrón [s].

%E : porcentaje de exactitud del tiempo leído promedio.

%EE : porcentaje de error de exactitud del tiempo leído promedio.

$|\vec{g}|$  : valor de la aceleración gravitatoria del lugar [m/s<sup>2</sup>].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	30/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 6

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos del desplazamiento **S** de la esfera en función del tiempo leído promedio de caída.

### Actividad 7

Trace la gráfica del desplazamiento **S** de la esfera en función del tiempo leído promedio de caída  $\bar{t}_L$ , es decir **S** = f ( $\bar{t}_L$ ).

### Actividad 8

Observe que la relación entre el desplazamiento **S** y el tiempo leído promedio  $\bar{t}_L$ , no es lineal; por lo que se requiere realizar el cambio de variable  $z = \bar{t}_L^2$  [s<sup>2</sup>], para así obtener un modelo matemático lineal. Llene la tabla 3.4 con los cálculos correspondientes.


**Tabla 3.4**

<b>S [m]</b>	<b>z [s<sup>2</sup>]</b>
<b>0.20</b>	
<b>0.30</b>	
<b>0.40</b>	
<b>0.50</b>	
<b>0.60</b>	
<b>0.70</b>	

### Nomenclatura

**S** : desplazamiento [m].

**z** : tiempo leído promedio al cuadrado  $\bar{t}_L^2$  [s<sup>2</sup>].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	31/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 9


Realice el modelo gráfico del desplazamiento **S** en función del cuadrado del tiempo **z**, es decir:  **$S = f(z)$** .

## Actividad 10

Obtenga el modelo matemático del desplazamiento **S** en función del cuadrado del tiempo **z**, es decir:  **$S = f(z)$** .

## Cuestionario

1. En el contexto de la geometría analítica plana ¿qué tipo de curva se obtiene en la gráfica tiempo en función del desplazamiento?
2. ¿Cuál es el modelo matemático del desplazamiento **S** en función del cuadrado del tiempo leído de caída de la esfera **z**?
3. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente **m** y de la ordenada al origen **b** del modelo matemático obtenido?
4. ¿Cuál es la expresión experimental que se obtiene para el cálculo de la rapidez de caída de la esfera?
5. ¿Cuál es el valor de la aceleración gravitatoria obtenido?
6. ¿Cuál es el porcentaje de exactitud de la aceleración gravitatoria obtenida, si el valor de referencia es de  $9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ ?

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	32/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Conclusiones

## 6. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

## 7. Anexos

### Expresiones matemáticas

$$t_p = \sqrt{\frac{2S}{g}} \text{ [s]}$$

siendo  $g$  de la CDMX  $|\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$


$$z = \bar{t}_L^2 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

**Desviación estándar de una muestra de “n” mediciones de una misma cantidad física y su correspondiente incertidumbre:**

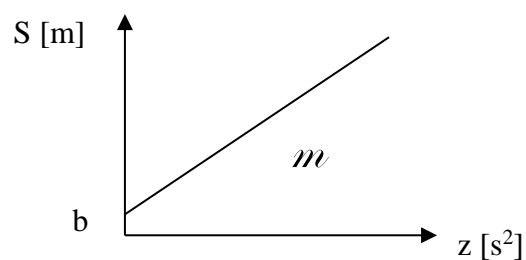
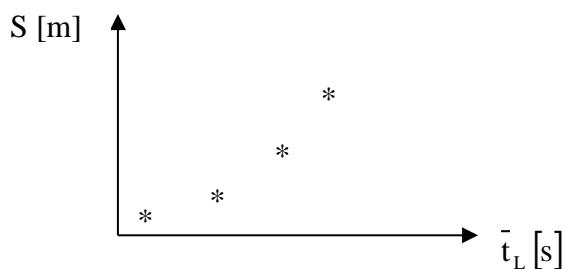
$$s_t = \pm \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{t}_L - t_i)^2}{n-1} \right]^{1/2}$$

$$\Delta t = \frac{\pm s_t}{\sqrt{n}}$$



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	33/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Modelos gráficos




## Modelo matemático

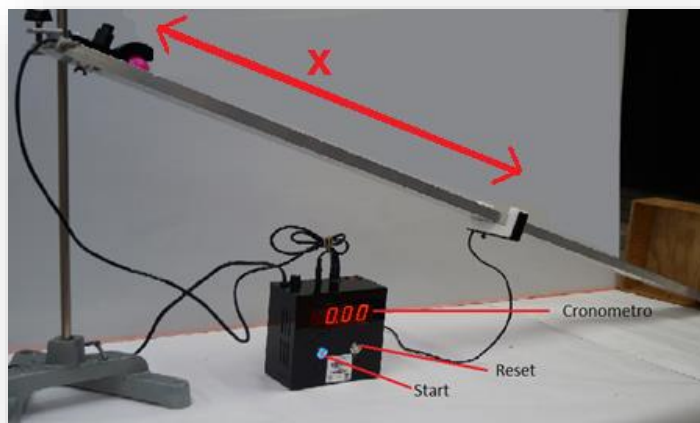
$$S \text{ [m]} = m \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \bar{t}_L^2 [\text{s}^2] + b \text{ [m]}$$


y como  $z = \bar{t}_L^2 [\text{s}^2]$

$$S \text{ [m]} = m \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] z [\text{s}^2] + b \text{ [m]}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	34/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 4. Movimiento y energía en un plano inclinado



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	35/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Base de soporte universal	Mal colocado en la mesa puede caerse y causar un daño.
2	Canaleta del equipo	Mal colocado y mal asegurado puede caerse y dañarse.

## 2. Objetivos de aprendizaje


- Obtener el modelo gráfico y matemático lineal del desplazamiento **S** de un móvil sobre un plano inclinado, sin fricción, con un ángulo  $\alpha$  con respecto a la horizontal, en función del tiempo de recorrido **t**.
- Obtener el modelo gráfico de la energía potencial **EP** del móvil en función de su altura **H**.
- Obtener el modelo gráfico de la energía cinética **EC** del móvil en función de su altura **H**.

## 3. Material y equipo

- base de soporte universal
- tornillo de sujeción
- varilla de 1 [m]
- equipo didáctico para el plano inclinado (pelota, actuador y sensor)
- cronómetro con sus cables
- flexómetro
- caja de madera grande

### Para el profesor (a)

- balanza digital

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	36/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

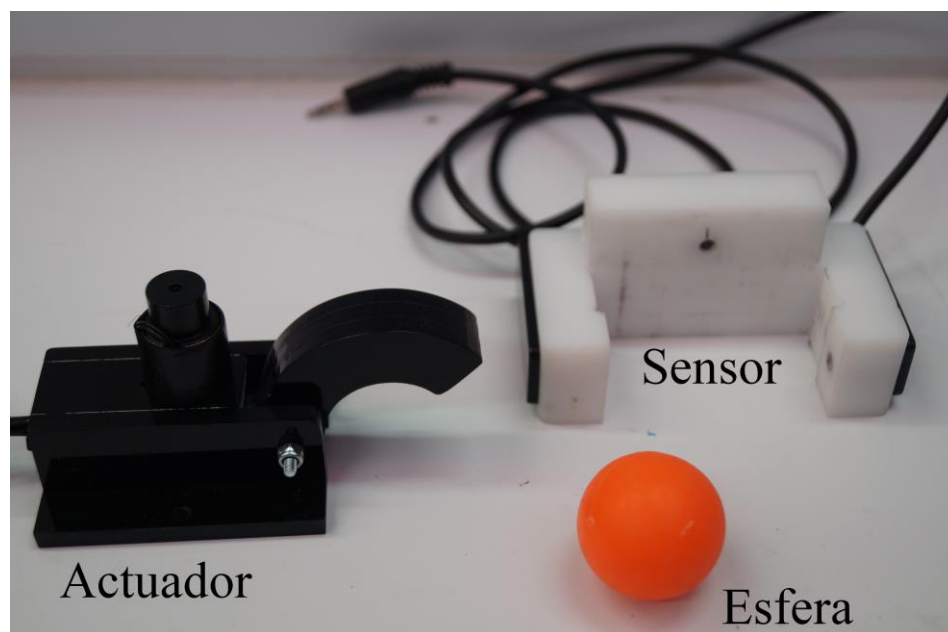
Analice el flexómetro e identifique sus características estáticas. Llene la tabla 4.1.

**Tabla 4.1**


Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

Identifique los componentes del equipo didáctico para el plano inclinado, ver figura 4.2.



**Figura 4.2. Actuador, esfera y sensor.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	37/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

De acuerdo con el diagrama determine el valor de **H**, sabiendo que la longitud del plano inclinado es **L**= 1.46 [m] y su ángulo de inclinación de  $15^\circ$  como se indica en la figura 4.1.

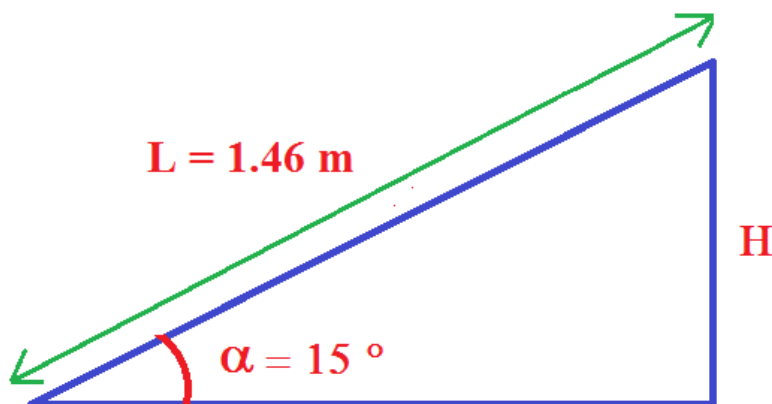



Figura 4.1. Plano inclinado.

Valor de **H**: \_\_\_\_\_ [m]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	38/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Arme y conecte el equipo como se muestra en la figura 4.3, **sin encender el cronómetro**.

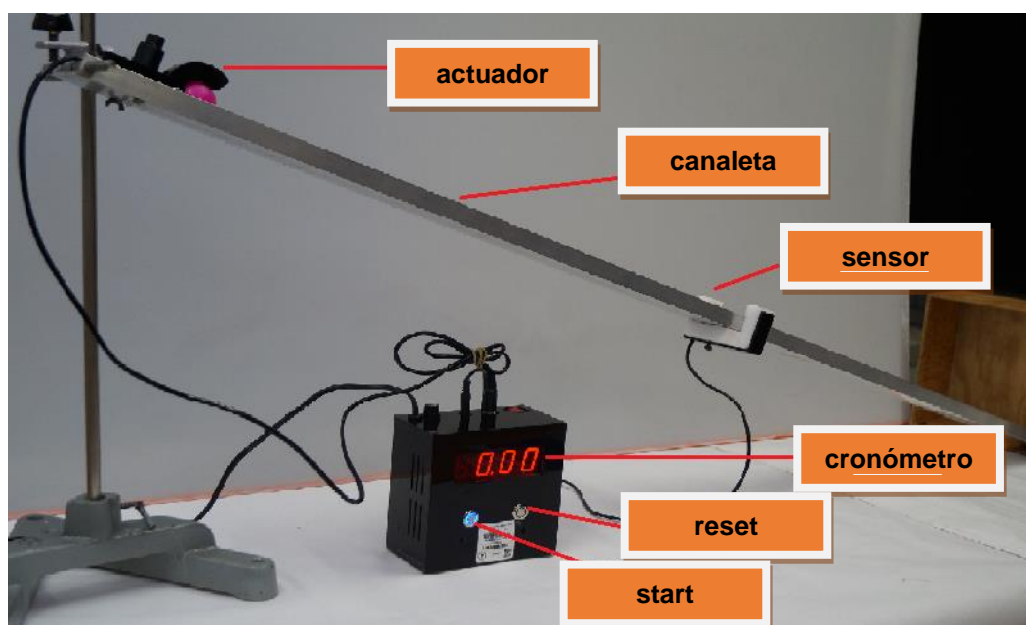



Figura 4.3. Conexiones del plano inclinado.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	39/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Instrucciones de armado

- a) En el extremo superior de la canaleta coloque el actuador, sujete con sus dos tornillos (figura 4.4).

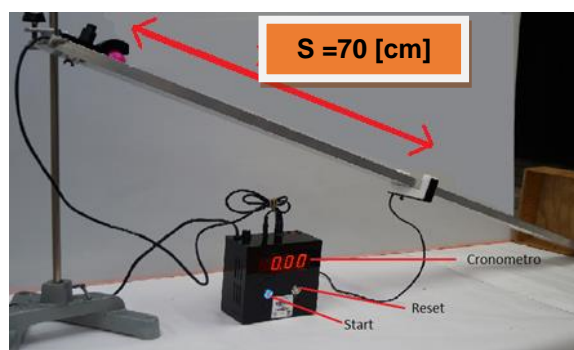



Figura 4.4. Distancia de “x” del actuador al sensor.

- b) El sensor debe ubicarse a una distancia “**S**” de **70 [cm]** con respecto al centro de la esfera colocada en el actuador, asegurándolo con su propio tornillo a la canaleta. La esfera debe estar bien sujeta al actuador.
- c) El actuador y el sensor deben conectarse a las terminales del cronómetro digital, el cual debe estar conectado y apagado.
- d) En el extremo inferior del plano inclinado debe colocarse la caja de madera para evitar que la esfera se caiga al piso y se extravíe.
- e) Encienda el cronómetro, oprimiendo su switch de color rojo en la parte superior. El botón izquierdo de la carátula deberá de tener una luz azulada, lo que indica que está listo para funcionar.
- f) Para cada medición, se deberá poner en ceros el cronómetro digital.
- g) El actuador soltará la esfera y el cronómetro comenzará a medir el tiempo de desplazamiento de la esfera.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	40/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Varíe el desplazamiento  $S$  (entre el actuador y el sensor) y mida el tiempo de desplazamiento de la esfera. Llene la tabla 4.2.

**Tabla 4.2**

$S$ [m]	$t_1$ [s]	$t_2$ [s]	$t_3$ [s]	$t_4$ [s]	$t_5$ [s]	$\bar{t}_L$ [s]	$S_v$ [s]	$\bar{t}_L \pm \Delta t$ [s]
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								

## Nomenclatura


$S$  : desplazamiento [m].

$\bar{t}_L$  : tiempo leído promedio [s].

$S_v$  : desviación estándar.

$\bar{t}_L \pm \Delta t$  : tiempo más representativo con su incertidumbre [s]



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	41/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Con los datos obtenidos de la tabla anterior, calcule el tiempo patrón. Llene la tabla 4.3.

tiempo patrón es:  $t_p = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}}$

**Tabla 4.3**

<b>S [m]</b>	<b><math>\bar{t}_L</math> [s]</b>	<b><math>t_p</math> [s]</b>	<b>%EE</b>	<b>%E</b>
<b>0.20</b>				
<b>0.30</b>				
<b>0.40</b>				
<b>0.50</b>				
<b>0.60</b>				
<b>0.70</b>				

## Nomenclatura


S : desplazamiento [m].

$\bar{t}_L$  : tiempo leído promedio [s].

$t_p$  : tiempo patrón [s].

%EE : porcentaje de error de exactitud.

%E : porcentaje de exactitud.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	42/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 7

Complete la siguiente tabla elevando al cuadrado el tiempo leído promedio,  $z = \bar{t}_L^2 [s^2]$ .

**Tabla 4.4**

<b>S [m]</b>	<b>z [s<sup>2</sup>]</b>
<b>0.20</b>	
<b>0.30</b>	
<b>0.40</b>	
<b>0.50</b>	
<b>0.60</b>	
<b>0.70</b>	

## Nomenclatura


- x : desplazamiento [m].  
 $\bar{t}_L$  : tiempo leído promedio [s].  
 z : tiempo leído promedio al cuadrado [s<sup>2</sup>].

## Actividad 8

Realice el modelo gráfico del desplazamiento **S** en función del tiempo leído promedio al cuadrado **z**, es decir: **S = f (z)**.

## Actividad 9

Obtenga el modelo matemático del desplazamiento **S** en función del tiempo leído promedio al cuadrado **z**, es decir: **S = f (z)**.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	43/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 10

Con la balanza proporcionada, mida la masa de la pelota.

Calcule la energía potencial gravitatoria máxima y mínima que adquiere la pelota e identifique en qué punto de su recorrido ocurre, vea la figura 4.5.

Energía potencial gravitatoria máxima \_\_\_\_\_ [    ].

Energía potencial gravitatoria mínima \_\_\_\_\_ [    ].

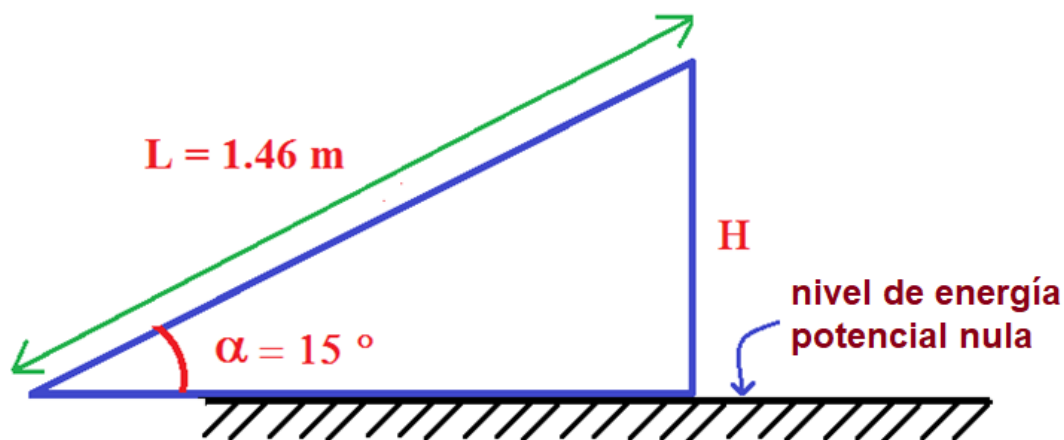



Figura 4.5. Plano inclinado.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	44/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. ¿Cuál es el modelo matemático del desplazamiento **S** en función del cuadrado del tiempo **z** empleado?
2. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente del modelo matemático obtenido?
3. ¿Cuáles son las expresiones experimentales para la rapidez y la aceleración del móvil sobre el plano inclinado?
4. Dibuje la gráfica de la energía potencial del móvil sobre todo el plano inclinado en función de su altura **H**, tome en cuenta que esta función es una recta y requiere del cálculo de la energía potencial máxima y mínima para dos valores extremos de la altura **H**.
5. Dibuje la gráfica de la energía cinética del móvil sobre todo el plano inclinado en función de su altura **H**, tome los mismos valores de ésta empleados en el punto 4 y calcule las energías cinéticas mínima y máxima; esta función también es una recta.

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	45/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$t_p = \sqrt{\frac{2S}{g \operatorname{sen} \alpha}} \quad [\text{s}]$$

$$EP = m g h \quad [\text{J}]$$

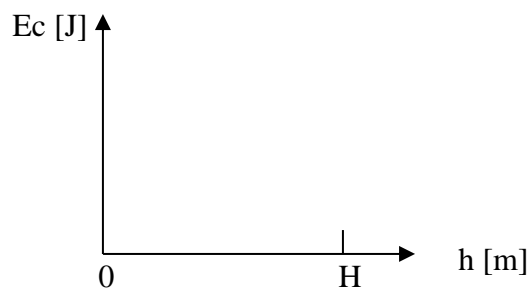
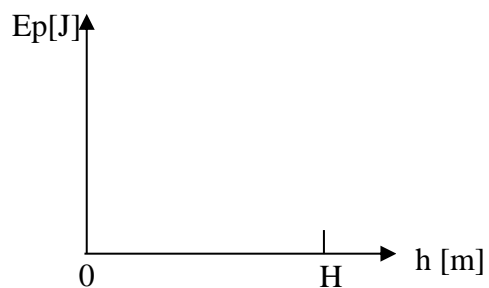
$$EC = \frac{1}{2} m v^2 \quad [\text{J}]$$


siendo el módulo de la aceleración gravitatoria de la CDMX  $|\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$

$$\frac{H}{L} = \operatorname{sen} \alpha$$

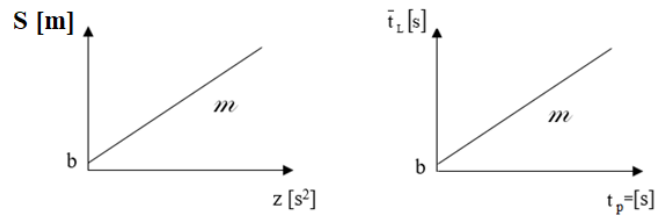
$$z = \bar{t}_L^2 [\text{s}^2]$$

### Modelos gráficos



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	46/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Modelos gráficos



## Modelo matemático


$$S \text{ [m]} = m \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] z \text{ [s}^2\text{]} + b \text{ [m]}$$

$$\text{y como } z = \bar{t}_L^2 \text{ [s}^2\text{]}$$

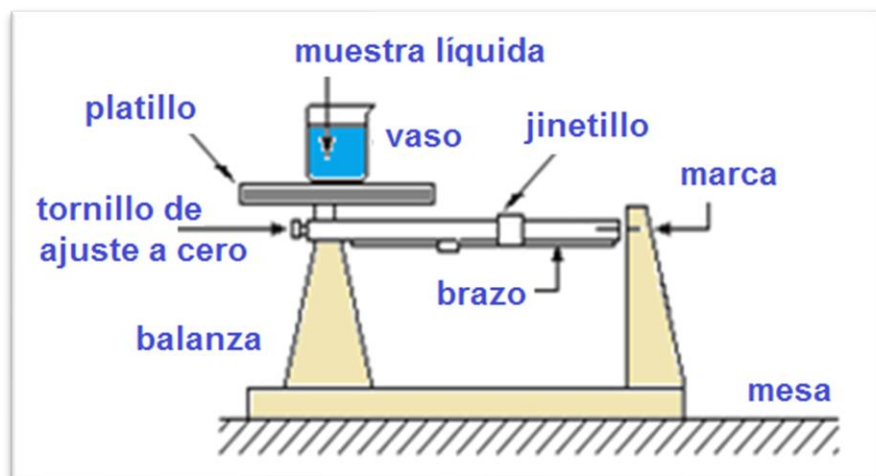
$$S \text{ [m]} = m \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \bar{t}_L^2 \text{ [s}^2\text{]} + b \text{ [m]}$$


$$v = \frac{dS}{dt} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$a = \frac{dv}{dt} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	47/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 5. Propiedades de las sustancias



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	48/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Algunas sustancias usadas.	Ligera toxicidad al contacto con ellas.
2	Vaso de precipitados.	Si es manipulado inadecuadamente puede caer y romperse en fragmentos filosos.
3	Calibrador con vernier	Tiene partes filosas y puntiagudas, por lo que debe manipularse con cuidado; dichas partes deben estar alejadas de la cara.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Determinar algunas propiedades de las sustancias en fase sólida o líquida.
- Comprobar que el valor de una propiedad intensiva no cambia si se modifica la cantidad de materia (masa) y verificar lo contrario para una propiedad extensiva.
- Distinguir entre las cantidades físicas, las de tipo vectorial y las de tipo escalar.

## 3. Material y equipo

- balanza granataria de 0 a 610 [g]
- calibrador vernier
- vaso de precipitados de 50 [ml]
- tres muestras sólidas de materiales diversos
- tres muestras líquidas de sustancias diversas
- jeringa de 10 [ml]



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	49/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

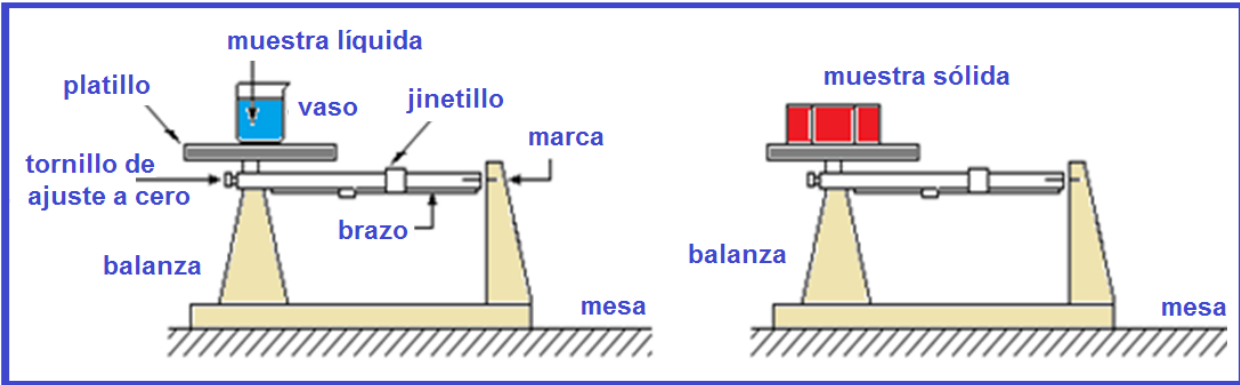
Identifique las características estáticas de la balanza proporcionada. Llene tabla 5.1.

**Tabla 5.1**


Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

**Ajuste a cero** la balanza, el cual se llevará a cabo colocando los jinetillos completamente a la izquierda de los brazos móviles (donde marquen cero) y gire el tornillo de **ajuste a cero**, que se encuentra en el lado izquierdo del punto de apoyo, hasta que las marcas de la aleta de freno y el freno magnético den la impresión de formar una línea continua, como se indica en la figura 5.1.



**Figura 5.1. Diagrama de medición de muestras sólidas y líquidas.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	50/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mida la masa de cada muestra sólida proporcionada y calcule su volumen.

Para las muestras líquidas mida la masa total (recipiente y sustancia) y reste la masa del recipiente que viene en la etiqueta. Los volúmenes se encuentran especificados en los recipientes, no los destape; para el agua use 50 mL el vaso de precipitados proporcionado. Llene la tabla 5.2.

**Tabla 5.2**


Muestra	Fase	m [kg]	V [m <sup>3</sup> ]	W [N]
aceite				
agua				
glicerina				
esponja				
acero				
acrílico				
	vector o escalar			
	Intensiva o extensiva			

Nota:

\* Escribir en la columna de Fase: S si es sólida o L si es líquida.

\* Escribir en la penúltima fila si se trata de una cantidad física vectorial o escalar.

\* Escribir en la última fila una E si es una propiedad extensiva o I si es intensiva.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	51/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Indique si se trata de una propiedad intensiva o extensiva; así como si son cantidades físicas escalares o vectoriales. Llene la tabla 5.3.

**Tabla 5.3**


	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [1]	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$v$ [m <sup>3</sup> /kg]
<b>Propiedad intensiva o extensiva</b>				
<b>Cantidad física vectorial o escalar</b>				

## Actividad 5

Para cada muestra calcule: densidad, densidad relativa, peso específico y volumen específico. Llene la tabla 5.4.

**Tabla 5.4**

<b>Sustancia</b>	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [1]	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$v$ [m <sup>3</sup> /kg]
<b>aceite</b>				
<b>agua</b>				
<b>glicerina</b>				
<b>esponja</b>				
<b>acero</b>				
<b>acrílico</b>				

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	52/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Nomenclatura

$m$  : masa [kg].

$|\vec{W}|$  : módulo del peso [N].

$V$  : volumen [ $m^3$ ].

$\rho$  : densidad [ $kg/m^3$ ].

$\delta$  : densidad relativa [1].


$v$  : volumen específico [ $m^3/kg$ ].

$|\vec{\gamma}|$  : módulo del peso específico [ $N/m^3$ ].

## 5. Cuestionario

1. Anote tres propiedades extensivas y tres intensivas de las sustancias, justificando su respuesta.
2. Escriba tres cantidades físicas de tipo escalar y tres de tipo vectorial, explicando el por qué.
3. Menciones dos ejemplos de sustancias homogéneas y dos heterogéneas.
4. ¿Cuáles de las sustancias empleadas son isotrópicas y cuáles son no isotrópicas?
5. Si se vertieran volúmenes iguales y de cada uno de los líquidos empleados, en un recipiente cilíndrico, indique en un esquema como quedarían colocados al alcanzar condiciones estables (en reposo).

## 6. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	53/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$[\vec{W}] = m\vec{g} [N]$$


$$|\vec{g}| = 9.78 [m/s^2]$$

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

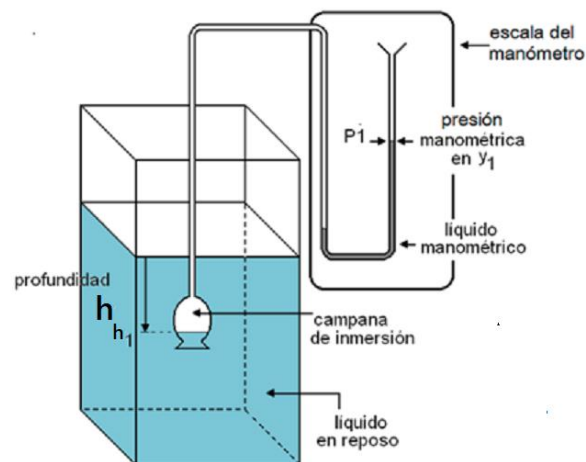
$$\delta_x = \frac{\rho_x}{\rho_{\text{agua}}} [1]$$


$$[\vec{\gamma}] = \frac{\vec{W}}{V} \left[ \frac{N}{m^3} \right]$$

$$v = \frac{1}{\rho} \left[ \frac{m^3}{kg} \right]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	54/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 6. Gradiente de presión



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	55/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cristalería.	Al ser manipulada inadecuadamente puede romperse en fragmentos afilados.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Obtener los modelos gráfico y matemático de la presión manométrica  $P_{\text{man}}$  en función de la profundidad ' $h$ ' en un fluido homogéneo en reposo.
- Obtener a partir del modelo matemático anterior, la densidad  $\rho$  y la magnitud del peso específico  $\gamma$  del fluido empleado.
- Explicar la relación que existe entre las presiones absoluta, relativa y atmosférica.
- Verificar la validez del gradiente de presión y la naturaleza intensiva de la propiedad llamada presión.

## 3. Material y equipo

- manómetro diferencial
- recipiente de base cuadrada
- flexómetro
- vaso de precipitados de 600 [ml]
- jeringa

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	56/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

Identifique las características estáticas del manómetro diferencial proporcionado. Llene la tabla 6.1.

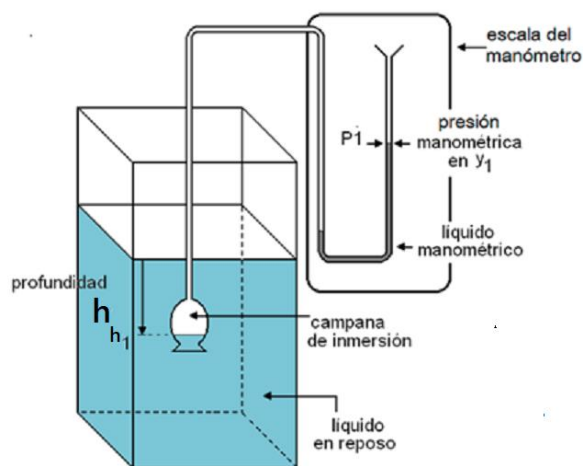
**Tabla 6.1**

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2


Verifique que en el recipiente de base cuadrada con un líquido desconocido se alcancen 15 [cm] de profundidad como mínimo. **Ajuste a cero** el manómetro diferencial desplazando la escala móvil; si es necesario, agregue líquido manométrico.

Introduzca el sensor del manómetro (campana de inmersión) dejando entrar un poco del líquido desconocido para que el menisco (en este caso cóncavo hacia el aire) se pueda observar claramente, ya que en su base se tomará la lectura de la presión manométrica a la profundidad deseada. (—), como se indica en la figura 6.1.



**Figura 6.1. Dispositivo experimental.**



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	57/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Varíe la profundidad “h” y mida la presión manométrica  $P_{\text{man}}$  correspondiente. Complete la tabla 6.2.

**Tabla 6.2**

h [m]	$P_{\text{man1}}$ [Pa]	$P_{\text{man2}}$ [Pa]	$P_{\text{man3}}$ [Pa]	$P_{\text{man4}}$ [Pa]	$P_{\text{man5}}$ [Pa]	$\bar{P}_{\text{man}}$ [Pa]
0.02						
0.04						
0.06						
0.08						
0.10						
0.12						

### Nomenclatura

$\bar{P}_{\text{man}}$  : Presión manométrica [Pa].


h : Profundidad [m].

### Actividad 4

Realice el modelo gráfico de la presión manométrica en función de la profundidad del líquido desconocido en reposo, es decir,  $\bar{P}_{\text{man}} = f(h)$ .

### Actividad 5

Obtenga el modelo matemático de la presión manométrica en función de la profundidad en el líquido desconocido en reposo, es decir,  $\bar{P}_{\text{man}} = f(h)$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	58/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Del modelo matemático obtenido en la actividad anterior, determine el valor de la magnitud del peso específico y de la densidad del fluido, con sus respectivas unidades en el SI.

$$\gamma = \text{_____} [ \quad ]$$

$$\rho = \text{_____} [ \quad ]$$

## Actividad 7

Escuche con atención a su profesor la explicación de la figura 6.2. Con base en el modelo matemático obtenido calcule la presión manométrica y absoluta para una profundidad de 25 [cm]. Considere que la presión atmosférica en la Ciudad de México es de 77144 [Pa].

$$P_{\text{man}} \text{ _____ [Pa]}$$

$$P_{\text{abs}} \text{ _____ [Pa]}$$

Investigue una aplicación de la presión vacuométrica.

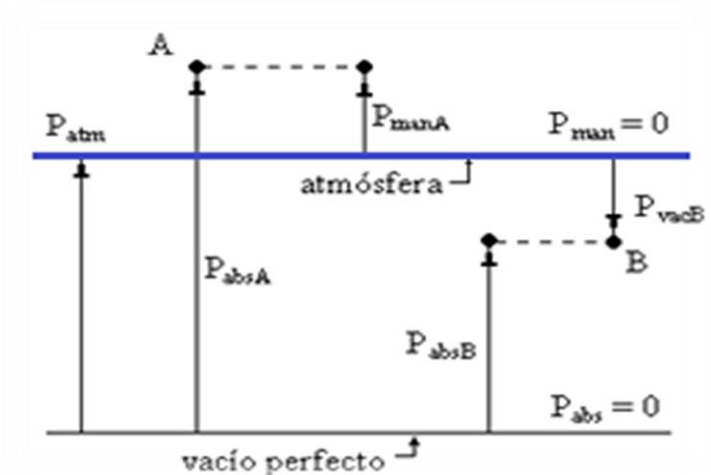



Figura 6.2. Presión manométrica, presión vacuométrica y presión absoluta.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	59/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. ¿Cuál es el modelo matemático de la presión manométrica  $P_{\text{man}}$  en función de la profundidad  $h$  obtenido?
2. ¿Cuál es el valor de la magnitud del peso específico  $|\vec{\gamma}|$  y el de la densidad  $\rho$  del líquido empleado? Identifique de qué sustancia se trata.
3. Escriba la ecuación que relaciona a las presiones absoluta, manométrica y atmosférica, en un punto dentro de un fluido en reposo.
4. Escriba la ecuación que relaciona a las presiones absoluta, vacuométrica y atmosférica, en un punto dentro de un fluido en reposo.
5. ¿Existe alguna relación entre el modelo matemático obtenido y la ecuación del gradiente de presión? Justifique su respuesta.
6. ¿Es la presión una propiedad intensiva? Justifique su respuesta.

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	60/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

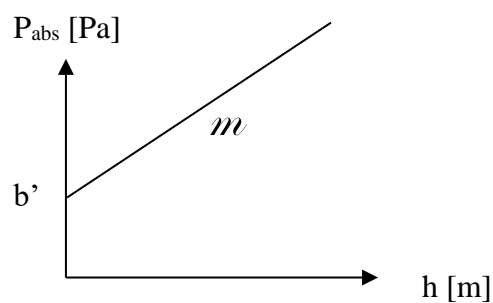
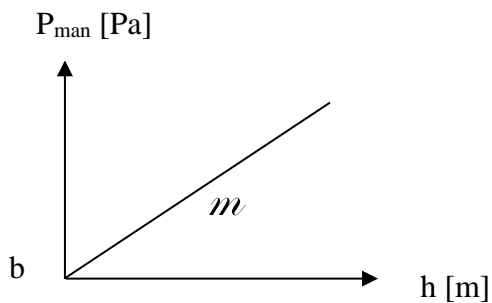
$$P_A - P_B = -\rho |\vec{g}| (h_A - h_B) \text{ [Pa]}.$$

$$|\vec{g}| = 9.78 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right].$$

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{Hg}} |\vec{g}| h_{\text{bar}} \text{ [Pa]}.$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13600 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right].$$

### Modelos gráficos




### Modelos matemáticos

$$P_{\text{man}} [\text{Pa}] = m \left[ \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right] h [\text{m}] + b [\text{Pa}]$$

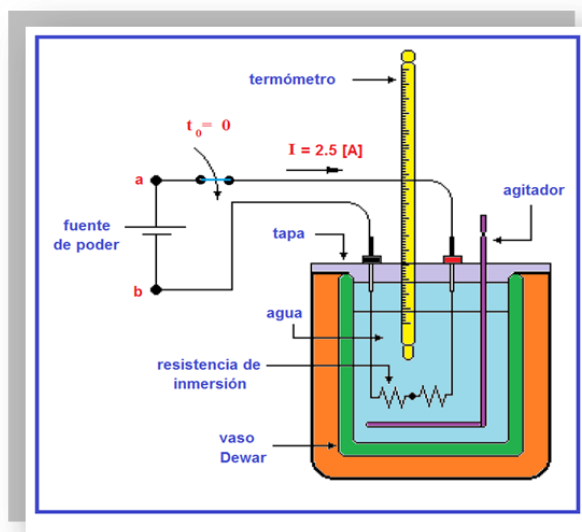
$$P_{\text{abs}} [\text{Pa}] = m \left[ \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right] h [\text{m}] + b' [\text{Pa}]$$


$$m = \frac{dP_{\text{man}}}{dy}$$

$$m = \frac{dP_{\text{abs}}}{dy}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	61/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 7. Algunas propiedades térmicas del agua




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	62/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	La resistencia de inmersión debe estar cubierta de agua.	Si la resistencia se energiza fuera del agua, explota.
2	No agitar el termómetro de inmersión.	La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes e intoxicación.
3	Vaso de precipitados.	Si es manipulado inadecuadamente puede caer y romperse en fragmentos filosos.
4	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras severas.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Obtener los modelos gráficos de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{\text{sum}}$ ) en función del incremento de temperatura ( $\Delta T$ ), y de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{\text{sum}}$ ) en función de la temperatura ( $T$ ) de la sustancia empleada.
- Obtener los modelos matemáticos de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{\text{sum}}$ ) a una sustancia en función de la temperatura ( $T$ ) y del incremento de temperatura  $\Delta T$  que la sustancia experimenta.
- Calcular la capacidad térmica y la capacidad térmica específica de la masa de agua empleada.
- Determinar la temperatura de ebullición del agua en esta ciudad y comprobar que, a presión constante, la temperatura de la sustancia permanece constante durante los cambios de fase.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	63/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material, equipo y sustancias

- parrilla eléctrica
- calorímetro con tapa, agitador y resistencia de inmersión
- vaso de precipitados de 600 [mℓ]
- fuente de poder digital de 0 a 30 [V] DC y de 0 a 5 [A]
- dos cables de conexión de 1 [m]
- termómetro de inmersión
- termómetro digital
- tapón de hule
- cronómetro digital
- balanza de brazo triple
- jeringa de 10 [mℓ]
- 150 [mL] de agua

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1


Registre las características estáticas del cronómetro digital. Complete la tabla 7.1.

**Tabla 7.1**

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Mida una masa de 150 [g] de agua líquida, suficiente para cubrir totalmente la resistencia de inmersión integrada a la tapa del calorímetro, ***la cual no se debe energizar si está fuera del líquido. No olvide ajustar a cero la balanza.***

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	64/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Arme el dispositivo experimental mostrado en la figura 7.1, sin energizar la fuente de poder, verifique que los dos resistores que forman la resistencia de inmersión estén conectados en serie; es decir uno a continuación del otro.

***La resistencia de inmersión deberá estar dentro del agua, si la resistencia está afuera del agua puede explotar.***

***Utilice el termómetro digital para las mediciones de la temperatura.***

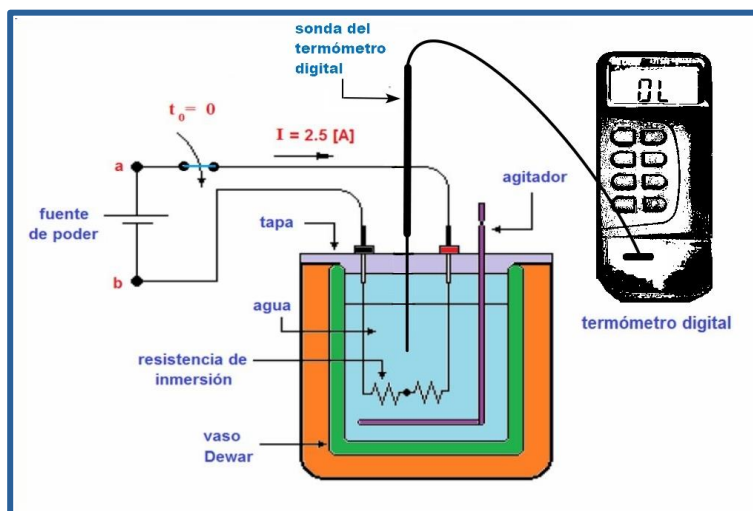



Figura 7.1. Dispositivo experimental.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	65/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Verifique que las dos perillas de la fuente de poder estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, como se muestra en la figura 7.2.



Figura 7.2. Fuente de poder.

Con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder haga circular una intensidad de corriente eléctrica de 2.5 [A].

Registre el valor de la diferencia de potencial eléctrica proporcionada por la fuente de poder. Calcule el valor de la potencia eléctrica,  $P$  [W].

Diferencia de potencial eléctrica,  $V_{ab} =$  \_\_\_\_\_ [V].

Potencia eléctrica,  $P = V_{ab} I$ ,  $P =$  \_\_\_\_\_ [W].


## Actividad 5

Con el agitador del calorímetro, mezcle su contenido para que las propiedades del líquido sean homogéneas, únicamente al inicio de la mezcla.

**Cuando alcance la temperatura de 25 [°C], ésta será la temperatura inicial, active el cronómetro.**

$T_{\text{inicial}} =$  \_\_\_\_\_ [°C]

$T_{\text{inicial}} =$  \_\_\_\_\_ [K]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	66/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Observe que las lecturas del voltímetro y del amperímetro permanecen constantes durante la realización del experimento.

**Recuerde no detener el cronómetro, su funcionamiento debe ser continuo.**

Considere que el tiempo inicial es:  $t_0 = 0$  [s].

## Actividad 7

Cuando se alcance un incremento de temperatura de 2 [°C] anote el tiempo transcurrido, en la tabla 7.2 y así sucesivamente, hasta alcanzar la temperatura de 35 [°C].

Calcule la energía en forma de calor suministrada  $Q_{\text{sum}} = P t$  [J].

**Tabla 7.2**

T [°C]	$\Delta T$ [°C]	tiempo [s]	$Q_{\text{sum}}$ [J].
<b><math>T_0 = 25</math></b>	0	0	0
<b><math>T_1 = 27</math></b>	2		
<b><math>T_2 = 29</math></b>	4		
<b><math>T_3 = 31</math></b>	6		
<b><math>T_4 = 33</math></b>	8		
<b><math>T_5 = 35</math></b>	10		


## Nomenclatura

T : temperatura absoluta [K].

$\Delta$  : incremento.

t : tiempo [s].

$Q_{\text{sum}}$  : energía en forma de calor suministrada [J].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	67/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 8

Trace el modelo gráfico del calor suministrado en función del incremento de temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(\Delta T)$ .

### Actividad 9

Obtenga el modelo matemático del calor suministrado en función del incremento de temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(\Delta T)$ .

### Actividad 10

Del modelo matemático obtenido, determine la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica (c) con sus respectivas unidades en el SI.

$C = \underline{\hspace{10em}} [ \quad ]$        $c = \underline{\hspace{10em}} [ \quad ]$

### Actividad 11

Trace el modelo gráfico del calor suministrado en función de la temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(T)$ .

### Actividad 12


Obtenga el modelo matemático del calor suministrado en función de la temperatura, es decir:  $Q_{\text{sum}} = f(T)$ .

### Actividad 13

Del modelo matemático obtenido, determine la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica (c) con sus respectivas unidades en el SI.

$C = \underline{\hspace{10em}} [ \quad ]$

$c = \underline{\hspace{10em}} [ \quad ]$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	68/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 14


Coloque **150 mL de agua líquida** en el vaso de precipitados, eleve su temperatura empleando la parrilla y deje que el agua alcance su punto de ebullición en esta ciudad. Mida el valor del punto de ebullición del agua con el termómetro de inmersión proporcionado.

temperatura de ebullición = \_\_\_\_\_ [°C]

temperatura de ebullición = \_\_\_\_\_ [K]

## 5. Cuestionario

1. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}} [\text{J}] = f(\Delta T) [^{\circ}\text{C}]$  para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
2. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}} [\text{J}] = f(T) [^{\circ}\text{C}]$  para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
3. ¿Cómo son las pendientes  $m$  y  $m'$  entre sí y cuánto valen? y ¿las ordenadas al origen  $b$  y  $b'$ ? de los modelos matemáticos obtenidos. Justifique sus respuestas.
4. Determinar el porcentaje de exactitud de la capacidad térmica específica del agua líquida obtenida experimentalmente, si se sabe que el valor patrón es  $4186 [\text{J/kg } ^{\circ}\text{C}]$
5. ¿Cuál es la temperatura de ebullición del agua a la presión atmosférica de la Ciudad de México? Explique su respuesta comparándola con la temperatura de ebullición a nivel del mar.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	69/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$T_i = T_{i-1} + 2^\circ \text{ [}^\circ\text{C]} \text{ para } 1 \leq i \leq 5;$$

$$\Delta T = T_i - T_{\text{inicial}} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\text{tiempo inicial, } t_0 = 0 \text{ [s]}$$

$$Q_{\text{sum}} = P t \text{ [J]}$$

$$Q_{\text{sum}} = m c \Delta T = m c (T - T_0) \text{ [J]}$$


$$Q_{\text{sum}} = m c T - m c T_0 \text{ [J]}$$

donde:

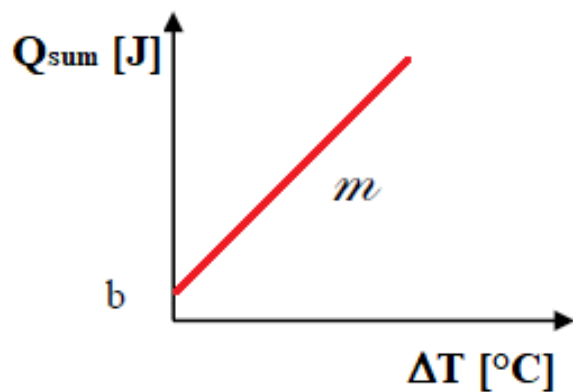
m: masa [kg]

c: capacidad térmica específica  $\left[ \frac{\text{J}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right]$

C: capacidad térmica o capacidad calorífica  $\left[ \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \right]$


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	70/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Modelo gráfico

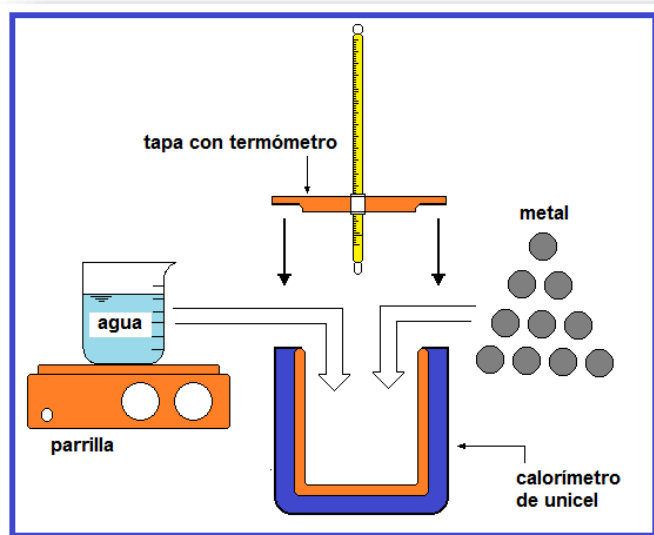



### Modelo matemático

$$Q_{\text{sum}} [\text{J}] = m \left[ \frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}} \right] \Delta T [^{\circ}\text{C}] + b [\text{J}]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	71/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 8. Leyes de la Termodinámica



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	72/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Parrilla eléctrica.	Si no se usa con precaución, puede provocar quemaduras severas.
2	No agitar el termómetro de inmersión.	La manipulación inapropiada puede romper el instrumento, lo que genera fragmentos punzo-cortantes e intoxicación.
3	Vaso de precipitados.	Si es manipulado inadecuadamente puede caer y romperse en fragmentos filosos.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Verificar el cumplimiento de la ley cero de la Termodinámica.
- Determinar en forma experimental la capacidad térmica específica de un metal ( $c_{\text{metal}}$ ) mediante la aplicación de las leyes cero y primera de la Termodinámica.
- Constatar la validez de la segunda ley de la Termodinámica a través de la observación de la dirección de los flujos de energía en forma de calor.
- Obtener el porcentaje de exactitud del valor experimental de la capacidad térmica específica del metal  $c_{\text{metal}}$  con respecto a un valor patrón de tablas de propiedades.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	73/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- calorímetro de unicel con tapa únicamente
- vaso de precipitados de 600 [ml]
- vaso de precipitados de 50 [ml]
- balanza con balanzón
- balanza plana
- parrilla eléctrica con agitador
- 80 [g] de agua
- muestra de metal
- termómetro de inmersión
- termómetro digital
- jeringa de 10 [ ml]

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas del termómetro de inmersión, en la tabla 8.1.

**Tabla 8.1**


Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Mida la masa del metal disponible ( $m_{\text{metal}}$ ) y determine su temperatura inicial ( $T_{i \text{ metal}}$ ) la cual se sugiere sea la temperatura ambiente. Para esta medición sumerja las monedas en un vaso de precipitados con agua y un minuto después mida la temperatura; ésta será la temperatura inicial del metal. Elimine el agua y seque perfectamente las muestras de metal.

masa del metal ( $m_{\text{metal}}$ ): \_\_\_\_\_ [ kg ]

temperatura inicial del metal ( $T_{i \text{ metal}}$ ): \_\_\_\_\_ [ K ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	74/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mida **una masa de 80 gramos de agua líquida** y con la ayuda de la parrilla eleve su temperatura, vigile la homogeneidad de esta propiedad agitando ligeramente el contenido del recipiente **hasta alcanzar los 40 [°C]**; retire de inmediato el recipiente de la parrilla, vierta el agua al calorímetro y verifique la temperatura inicial del agua.

Coloque con mucha precaución la muestra de metal en el calorímetro y tápelo perfectamente, como se muestra en la figura 8.1; agite suavemente el calorímetro con las manos para conseguir homogeneidad.

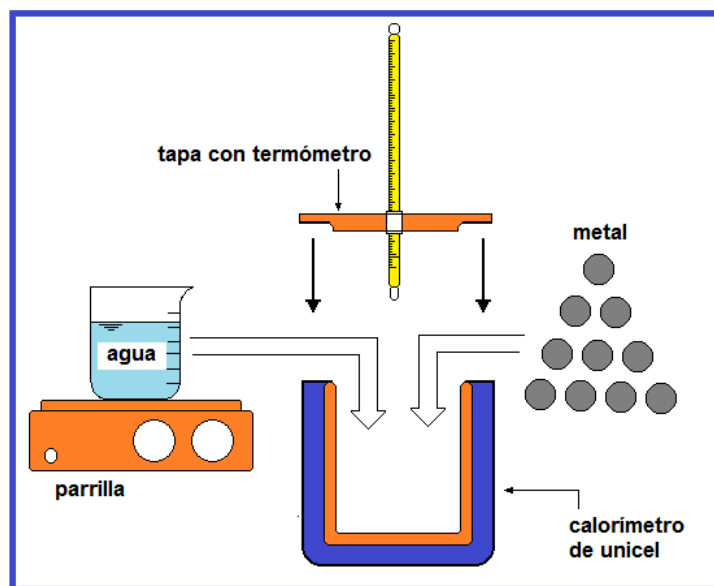



Figura 8.1. Dispositivo experimental.

### Actividad 4

Mida la temperatura de equilibrio de la mezcla ( $T_{eq}$ ) después de **4 minutos** y registre este valor.

temperatura de equilibrio de la mezcla ( $T_{eq}$ ): \_\_\_\_ [°C]

temperatura de equilibrio de la mezcla ( $T_{eq}$ ): \_\_\_\_ [K]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	75/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5

Explique la Ley Cero y primera ley de la Termodinámica para sistemas termodinámicos estacionarios y aislados.

### Actividad 6

Aplique la primera ley de la Termodinámica para calcular la capacidad térmica específica del metal empleado.

Capacidad térmica específica del metal ( $c_{\text{metal}}$ ): \_\_\_\_\_ [       ]

### Actividad 7

Con las mediciones obtenidas durante el experimento, llene la tabla 8.2.

**Tabla 8.2**

$m_{\text{agua}}$ [kg]	$m_{\text{metal}}$ [kg]	$c_{\text{agua}}$ [J/(kg·ΔK)]	$T_{\text{i agua}}$ [K]	$T_{\text{i metal}}$ [K]	$T_{\text{eq}}$ [K]	$c_{\text{metal}}$ [J/(kg·ΔK)]


### Actividad 8

Obtenga el porcentaje de exactitud del valor experimental de la capacidad térmica específica del metal  $c_{\text{metal}}$  considerando que el valor patrón del metal utilizado es 450 [J/(kg·ΔK)].

% Exactitud (%E) = \_\_\_\_\_

**Nota:**

***Si su porcentaje de error de exactitud resultó mayor que 25%, se recomienda repetir el experimento.***

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	76/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 5. Cuestionario

1. ¿Qué expresa la ley cero de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
2. ¿Cuál fue el valor de la capacidad térmica específica del metal empleado?
3. ¿Qué expresa la primera ley de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
4. ¿Qué expresa la segunda ley de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
5. ¿Cuál fue el porcentaje de exactitud en el valor experimental de  $c_{\text{metal}}$ ?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	77/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$Q = m c (T - T_0) \text{ [J]}$$

$$\Sigma Q + \Sigma W = \Delta E \text{ [J]}$$

donde:

$$\Delta E = \Delta E_C + \Delta E_P + \Delta U \text{ [J]}$$

### Para un sistema estacionario

$$\Delta E_C = 0 \text{ y } \Delta E_P = 0$$

### Para un sistema aislado

$$\Delta U = 0; \text{ y como } \Sigma W = 0.$$

Se concluye que  $\Sigma Q = 0$  en el interior del calorímetro.


### Con la conclusión anterior:

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{metal}} = 0$$

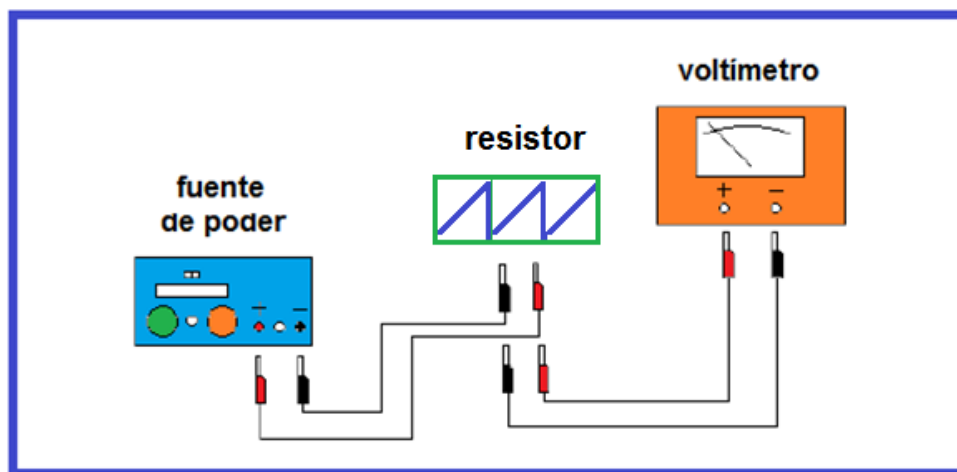
Por lo tanto:


$$m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} (T_{\text{eq}} - T_{i-\text{agua}}) + m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (T_{\text{eq}} - T_{i-\text{metal}}) = 0$$

que se puede emplear para calcular  $c_{\text{metal}}$  en el experimento.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	78/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 9. Carga y corriente eléctrica



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	79/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cuidado al manejar la barra de vidrio	Se puede romper por su fragilidad y producir heridas.

## 2. Objetivos de aprendizaje


- Verificar e identificar los tipos de carga eléctrica que existen, aplicando la convención de Benjamín Franklin.
- Obtener los modelos gráfico y matemático de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los extremos de un resistor en función de la corriente eléctrica que circula por dicho elemento.
- Obtener el porcentaje de exactitud en el valor experimental del resistor empleado tomando como valor patrón el dado por el fabricante.

## 3. Material y equipo

- fuelle de poder de 0 a 30 [V] CD con amperímetro digital integrado
- voltímetro analógico de 0 a 50 [V] CD
- cuatro cables de conexión
- resistor de alambre de 220 [ohm]
- dos bases de soporte universal
- dos varillas de 1 [m]
- tira de polietileno
- cordón de 60 [cm]
- cuatro barras cilíndricas: vidrio, ebonita, PVC y acrílico
- tres frotadores: piel de conejo, seda y franela

### Para el profesor (a):

- generador Van de Graaff
- muestreador
- electroscopio

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	80/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

Arme los dos soportes universales (base y varilla), colocarlos aproximadamente a un metro de distancia entre ellos y ate el cordón en ambas varillas para que éste quede horizontal.

### Actividad 2

Extienda la tira de polietileno sobre la mesa y frotarla varias veces con la franela. Cuelgue la tira de polietileno de manera tal que las caras frotadas queden frente a frente como se indica en la figura 9.1.

Observe la repulsión entre las caras de la tira. Este dispositivo experimental constituye un electroscopio.

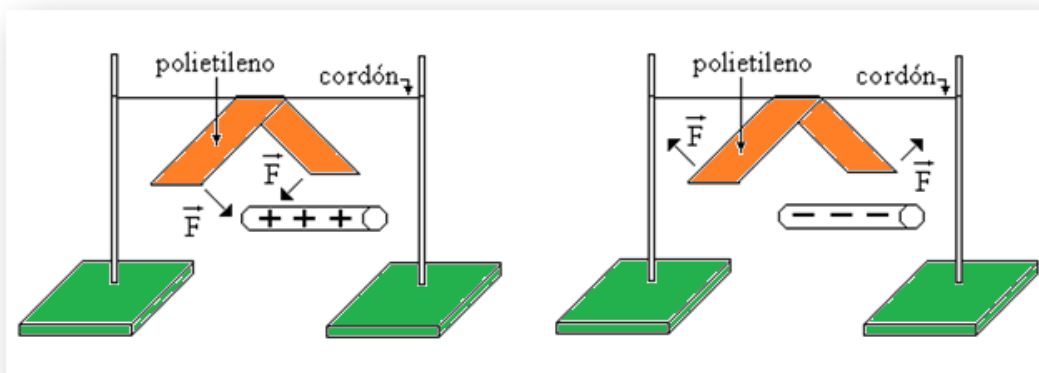



Figura 9.1. Electroscopio.

### Actividad 3

Frote aproximadamente un tercio de la longitud de la barra de hule (ebonita) con la piel (de conejo), en el extremo opuesto al que sirve para sujetarla.

Acerque la barra por la parte inferior a la tira de polietileno, sin tocarla y observe el efecto en los extremos de la tira.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	81/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 4

Aplice la convención de Benjamín Franklin e infiera el tipo de carga de la tira de polietileno ya que la barra de ebonita tiene carga eléctrica negativa después de haber sido frotada con la piel.

### Actividad 5

Frote cada barra con cada uno de los materiales disponibles, acerque la barra con carga eléctrica a los extremos de la tira de polietileno e infiera el signo de la carga de la barra; registre los resultados en la tabla 9.1.


**Tabla 9.1**

frotador	acrílico	ebonita	vidrio	PVC
franela				
piel		—		
seda			+	

**Nota:** Anotar (+ ó —) según sea la carga eléctrica de la barra después de frotarse con cada material.

### Actividad 6

Escuche con mucha atención la explicación de su profesor(a) acerca del funcionamiento del Generador Van de Graaff, así como de las diferentes maneras de cargar y descargar eléctricamente los cuerpos.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	82/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 7

Identifique las características estáticas del voltímetro analógico. Llene la tabla 9.2.

**Tabla 9.2**

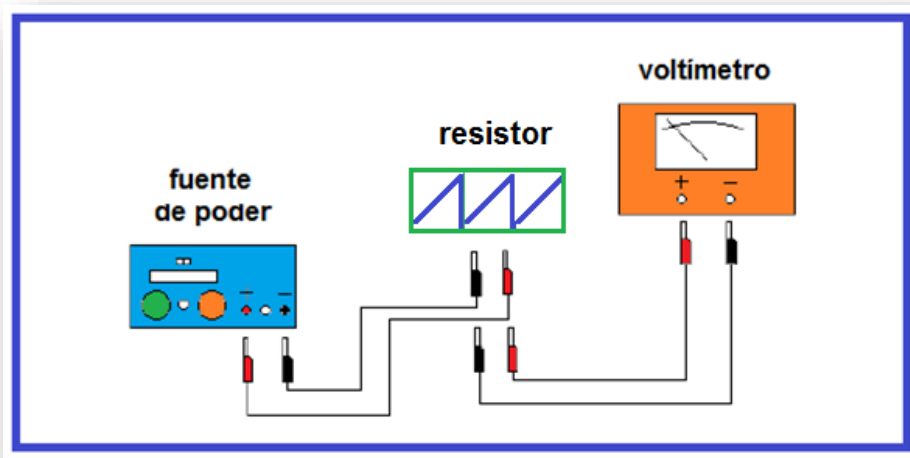
Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

## Actividad 8


Sin energizar la fuente de poder arme el circuito de la figura 9.2.

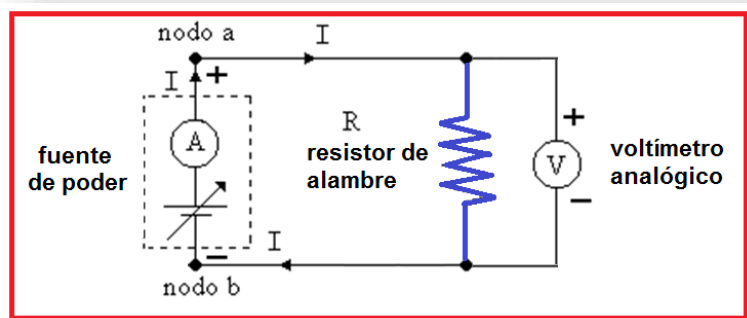
Verifique que ambas perillas de la fuente de poder estén giradas totalmente en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (es decir, a la izquierda).

Recuerde que el voltímetro analógico y la fuente de poder si tienen polaridad y se debe de respetar, ver figura 9.3.



**Figura 9.2** Diagrama de las conexiones para medir la diferencia de potencial.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	83/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



**Figura 9.3 Esquema de conexiones.**

## Actividad 9


Encienda la fuente de poder y con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder, gradúe la corriente eléctrica  $I$ .

Varíe el valor de la corriente eléctrica y registre el valor de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  medido con el voltímetro analógico.

Realice las mediciones de manera creciente y decreciente, es decir, en forma de zig-zag. Llene la tabla 9.3.

**Tabla 9.3**

$I$ [A]	$V_{ab1}$ [V]	$V_{ab2}$ [V]	$V_{ab3}$ [V]	$V_{ab4}$ [V]	$\overline{V}_{ab}$ [V]
0.02					
0.04					
0.06					
0.08					
0.10					
0.12					

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	84/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 10

Para cada valor de corriente eléctrica, calcule la desviación estándar y la incertidumbre. Complete la tabla 9.4.

**Tabla 9.4**

I [A]	$\bar{V}_{ab}$ [V]	$S_v$ [V]	$\bar{V}_{ab} \pm \Delta V_{ab}$ [V]
<b>0.02</b>			
<b>0.04</b>			
<b>0.06</b>			
<b>0.08</b>			
<b>0.10</b>			
<b>0.12</b>			

## Nomenclatura


$\bar{V}_{ab}$  : Diferencia de potencial promedio [V].

$\Delta V_{ab}$  : Incertidumbre de la diferencia de potencial [V].

$S_v$  : Desviación estándar.

## Actividad 11

Trace el modelo gráfico de la diferencia de potencial  $\bar{V}_{ab}$  en función de la intensidad de corriente eléctrica **I**, es decir:  $\bar{V}_{ab} = f(I)$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	85/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 12

Obtenga el modelo matemático de la diferencia de potencial  $\overline{V}_{ab}$  en función de la intensidad de corriente eléctrica  $I$ , es decir:  $\overline{V}_{ab} = f(I)$ .


## 5. Cuestionario

1. ¿Cuántos y cuáles tipos de carga eléctrica existen? explique cada uno de acuerdo con los electrones que posee.
2. ¿Qué tipo de cantidad física (escalar o vectorial) es la carga eléctrica y qué expresa el principio de conservación de la carga?
3. ¿Cuál es el modelo matemático de la diferencia de potencial  $V_{ab}$  en función de la corriente eléctrica en el resistor utilizado?
4. ¿Cuál es el valor del resistor empleado, con base en el modelo matemático del inciso anterior?
5. ¿Qué porcentaje de exactitud tuvo el valor experimental del resistor empleado?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	86/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

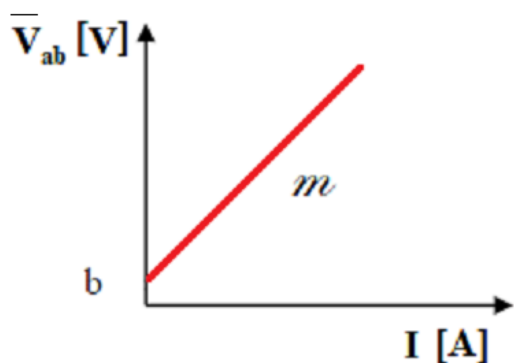
$$\bar{V}_{ab} [V] = R I [V]$$

$$i [A] = \left[ \frac{dq}{dt} \right] \left[ \frac{C}{s} \right]$$

$$q_{electrón} [C] = -1.6022 \times 10^{-19} [C]$$


$$S_v = \pm \left[ \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{v} - v_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \Delta V_{ab} = \frac{\pm S_v}{\sqrt{n}}$$

### Modelo gráfico

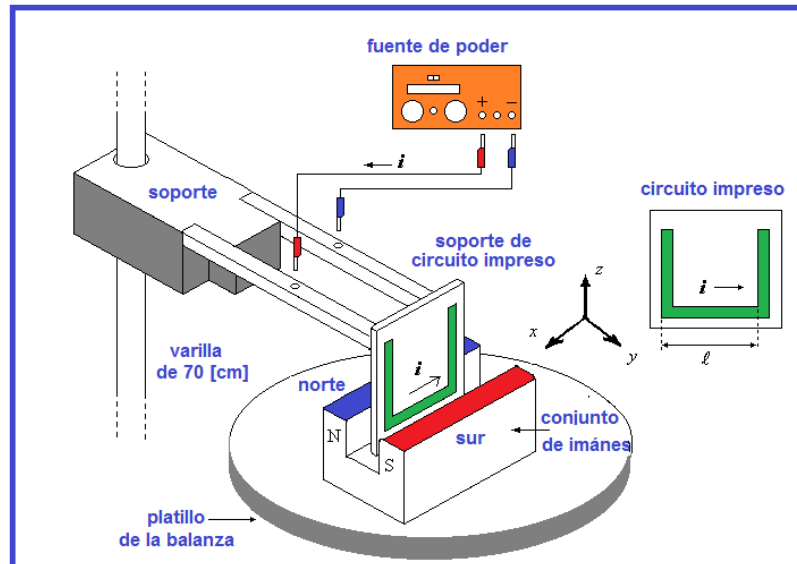



### Modelo matemático

$$\bar{V}_{ab} [V] = m \left[ \frac{V}{A} \right] I [A] + b [V]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	87/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 10. Fuerza magnética sobre un conductor



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	88/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Calibrador con vernier	Tiene partes filosas y puntiagudas, por lo que debe manipularse con cuidado.


## 2. Objetivos de aprendizaje

- Obtener los modelos gráfico y matemático de la fuerza de origen magnético, ( $\vec{F}_m$ ), que experimenta un conductor recto de longitud ( $\vec{\ell}$ ), dentro de un campo magnético ( $\vec{B}$ ), en función de la corriente eléctrica ( $I$ ) en dicho conductor.
- Analizar y determinar el significado físico de la pendiente del modelo matemático obtenido, cuando se mantienen constantes la longitud  $\vec{\ell}$  del conductor, el campo magnético  $\vec{B}$  y el ángulo entre los vectores  $\vec{\ell}$  y  $\vec{B}$ .
- Determinar el módulo del campo magnético del conjunto de imanes empleado, a partir de la pendiente del modelo matemático.
- Determinar la exactitud del valor experimental del campo magnético.

## 3. Material y equipo

- fuente de poder de 0 a 10 [V] y de 10 [A]
- dos cables de conexión de 1 [m] cada uno
- circuito impreso SF42
- conjunto de imanes permanentes
- soporte de circuito impreso
- varilla de 70 [cm]
- base de soporte universal
- balanza con vernier
- calibrador con vernier
- caja de madera



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	89/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Equipo para el profesor (a)

- teslámetro digital con punta de prueba transversal

## 4. Desarrollo de las actividades

### Actividad 1

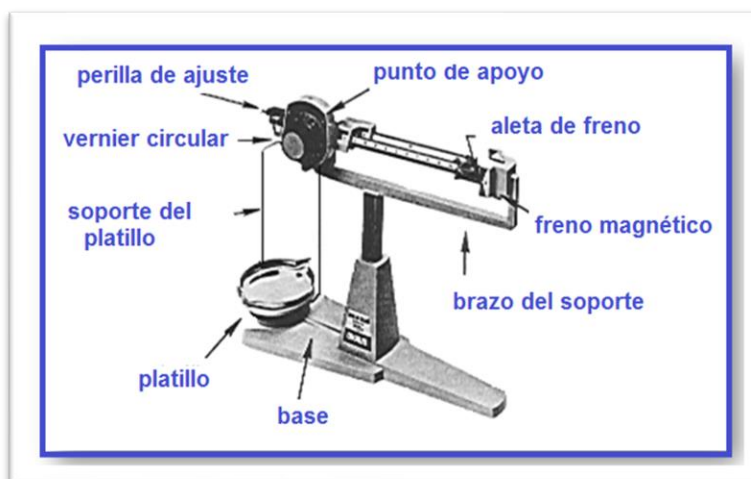
Identifique las características estáticas de la balanza con vernier. Llene la tabla 10.1.

**Tabla 10.1**


Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

### Actividad 2

Verifique el **ajuste a cero** de la balanza. Observe que esta balanza nos permite realizar lecturas hasta con centésimas de gramo utilizando el vernier circular que tiene integrado y que se lee en forma análoga al calibrador vernier, como se indica en la figura 10.1.



**Figura 10.1 Partes de la balanza.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	90/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mida la masa real del conjunto de imanes ( $m_0$ ), sin energizar la fuente de poder.

### Actividad 4

Mida la longitud del circuito impreso de adelante y **verifique si la tableta tiene circuito impreso atrás**. Determine la longitud total. Ver figura 10.2.

**circuito impreso**

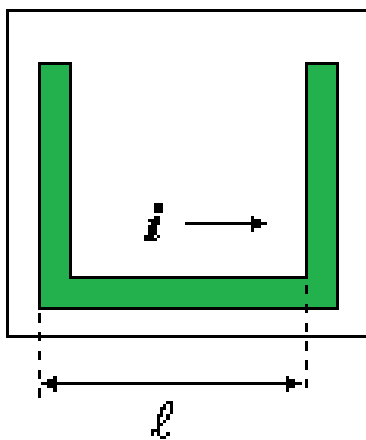



Figura 10.2. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	91/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Arme el dispositivo experimental mostrado en la figura 10.3, **sin energizar la fuente de poder**, gire ambas perillas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (hacia la izquierda).

Coloque la tableta del circuito impreso paralela a los polos del imán pero sin que se toquen o rocen en punto alguno.

Registre el valor de la masa inicial  $m_0$  cuando la corriente eléctrica corresponde a  $I = 0$  [A].

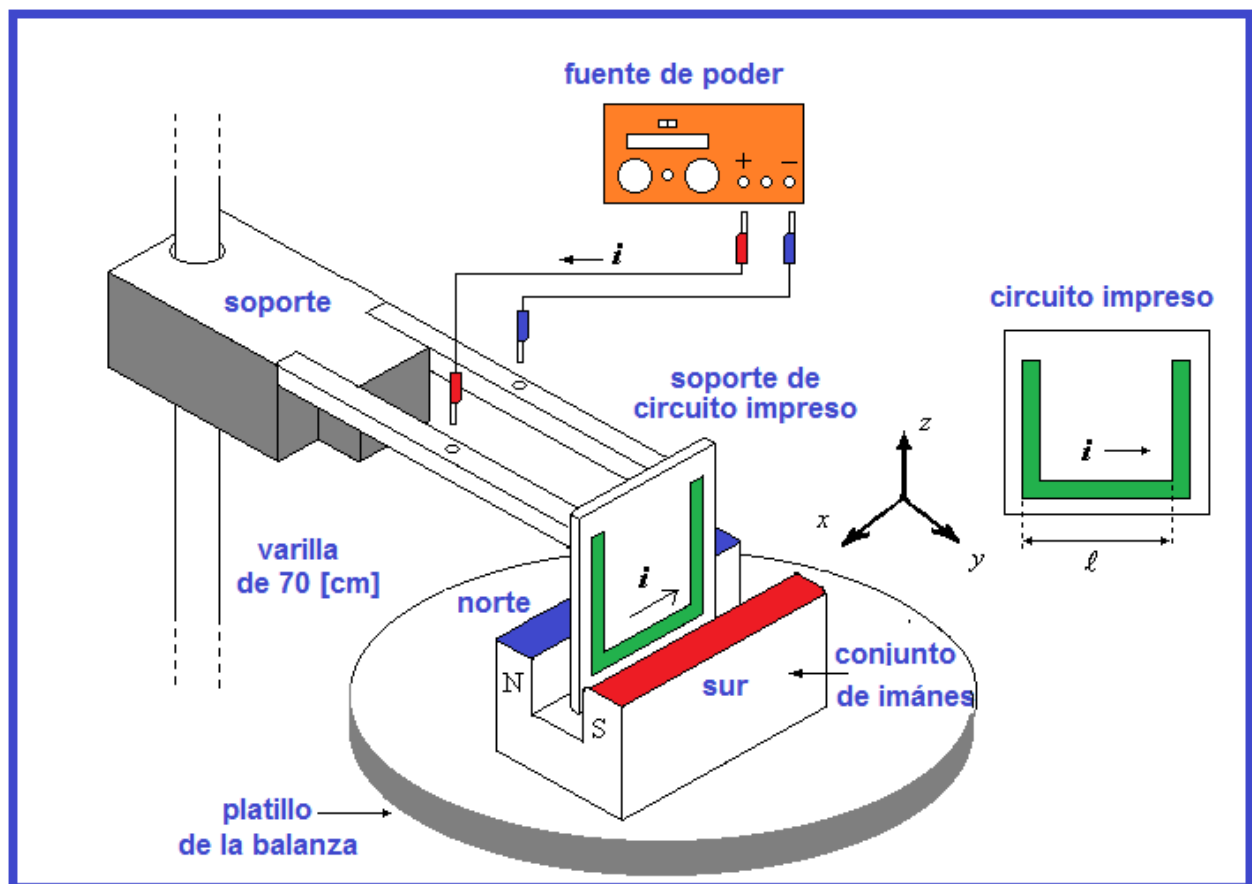



Figura 10.3. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	92/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Encienda la fuente y con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder, haga circular una corriente eléctrica de 0.5 [A] y registre el valor de la masa del imán indicado por la balanza. Complete la tabla 10.2.

Vigile durante todo el proceso de variación de la corriente eléctrica, ***el circuito impreso se conserve paralelo a las caras del imán sin tocarlo ni rozarlo*** dejando siempre al imán en posibilidad de moverse.

**Tabla 10.2**


I [A]	masa leída [kg]	$\Delta m =  m_i - m_0 $ [kg]
0	$m_0 =$	$\Delta m =  m_0 - m_0  =$
0.5	$m_1 =$	$\Delta m =  m_1 - m_0  =$
1.0	$m_2 =$	$\Delta m =  m_2 - m_0  =$
1.5	$m_3 =$	$\Delta m =  m_3 - m_0  =$
2.0	$m_4 =$	$\Delta m =  m_4 - m_0  =$
2.5	$m_5 =$	$\Delta m =  m_5 - m_0  =$

## Nomenclatura

$m_0$  : masa real de los imanes [kg].

$m_i$  : masa leída [kg],  $1 \leq i \leq 5$

$\Delta m$  : variaciones aparentes de la masa del imán [kg].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	93/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 7

Calcule la fuerza de origen magnético que actúa sobre el imán debido a la intensidad de corriente eléctrica que circula por el conductor recto del circuito impreso.

Aplice la tercera ley de Newton, el conductor del circuito impreso experimenta una fuerza debida al imán con la misma magnitud de la que actúa sobre el imán debida al conductor pero con dirección opuesta, ambas verticales en este caso. Llene la tabla 10.3.

**Tabla 10.3**

<b>I [A]</b>	<b><math>F_m = (\Delta m \ g) [N]</math></b>
<b>0</b>	
<b>0.5</b>	
<b>1.0</b>	
<b>1.5</b>	
<b>2.0</b>	
<b>2.5</b>	

## Nomenclatura


$|\vec{g}|$  : módulo de la aceleración gravitatoria local  $9.78 [m/s^2]$ .

$I$  : Intensidad de corriente eléctrica [A].

$|\mathbf{F}_m|$  : módulo de la Fuerza de origen magnético [N].

## Actividad 8

Realice el modelo gráfico del módulo de la fuerza de origen magnético,  $|\vec{F}_m|$ , en función de la corriente eléctrica,  $I$ , con los datos de la tabla 10.3.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	94/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 9

Obtenga el modelo matemático del módulo de la fuerza de origen magnético,  $|\vec{F}_m|$ , en función de la corriente eléctrica,  $I$ .

## Actividad 10


Con ayuda del profesor, mida el valor del campo magnético del imán empleando el teslámetro.

campo magnético medido (B) = \_\_\_\_\_ [    ]

## 5. Cuestionario

- ¿Cuál es el modelo matemático del módulo de la fuerza magnética  $|\vec{F}_m|$ , en función de la corriente eléctrica,  $I$ , en el conductor?
- ¿Cuál es el significado físico de la pendiente del modelo matemático del inciso anterior?
- ¿Qué valor experimental tiene el campo magnético del imán empleado? con base en la pendiente del modelo del inciso 1.
- ¿Qué porcentaje de exactitud tiene el valor del campo magnético experimental, si se toma como valor patrón el campo magnético medido con el teslámetro?
- ¿Para qué valor del ángulo  $\alpha$  se tiene la fuerza magnética máxima sobre el conductor? ¿y qué valor del ángulo  $\alpha$  se tiene la fuerza mínima?

## 6. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	95/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

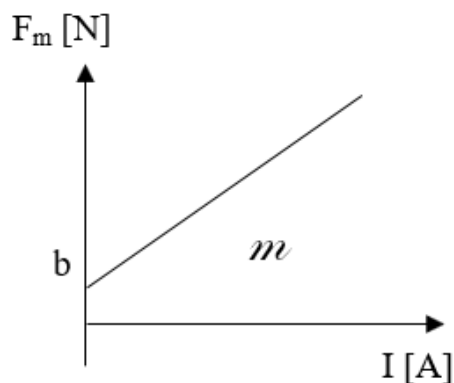
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$\vec{F} = I \vec{\ell} \times \vec{B}; \quad |\vec{F}| = I |\vec{\ell}| |\vec{B}| \sin\alpha;$$


donde  $\alpha$  es el ángulo entre los vectores  $\vec{\ell}$  y  $\vec{B}$ .

### Modelo gráfico

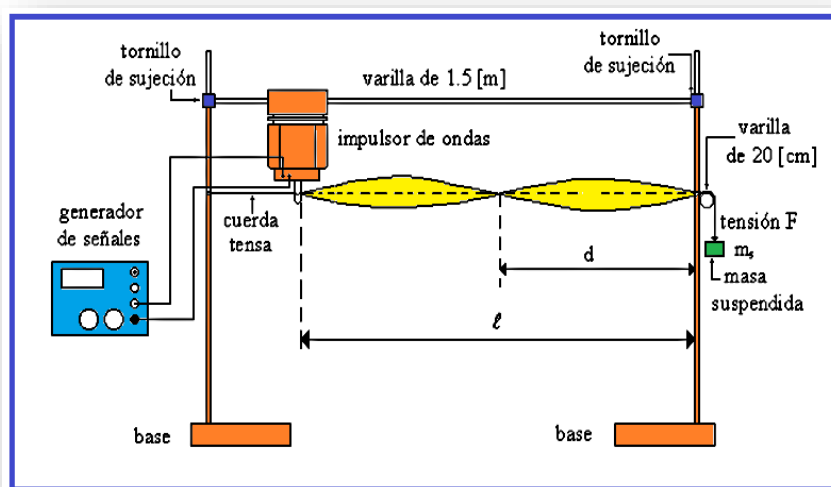


### Modelo matemático


$$F_m [N] = m \left[ \frac{N}{A} \right] I [A] + b [N]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	96/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 11. Movimiento ondulatorio






	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	97/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Base universal	Mal colocada, puede caerse de la mesa y provocar una lesión.
2	Impulsor de ondas	Se puede dañar si no se quita el seguro ( <i>unlock</i> ) antes de que esté en funcionamiento.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Identificar y determinar el periodo ( $\tau$ ), la amplitud (**A**), la frecuencia (**f**) y la longitud de onda ( $\lambda$ ) en una onda armónica.
- Conocer y observar las ondas estacionarias y los diferentes modos de vibración.
- Obtener los modelos gráficos de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función de la frecuencia (**f**) y de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función del periodo ( $\tau$ ).
- Obtener el modelo matemático de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función del periodo ( $\tau$ ) en el movimiento ondulatorio observado.
- Determinar la rapidez de propagación (**v**), de las ondas en una cuerda con una tensión (**F**) aplicada.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	98/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- generador de señales
- dos cables banana-banana de 1 [m] de longitud
- dos bases universales
- dos varillas de 1 [m]
- varilla de 1.5 [m]
- varilla de 20 [cm]
- balanza
- impulsor de ondas
- tres tornillos de sujeción
- cuerda de longitud  $\geq 2$  [m]
- masa de 100 [g]
- dos masas de 50 [g]
- flexómetro

#### Equipo para el profesor (a)

- lámpara de luz estroboscópica


### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas de la balanza. Llene la tabla 11.1.

Tabla 11.1

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	99/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Arme el dispositivo experimental mostrado en la figura 11.1, sin encender el generador de señales; quitar el seguro que impide el movimiento del impulsor de ondas (deslizando la palanca a la posición que dice *unlock*).

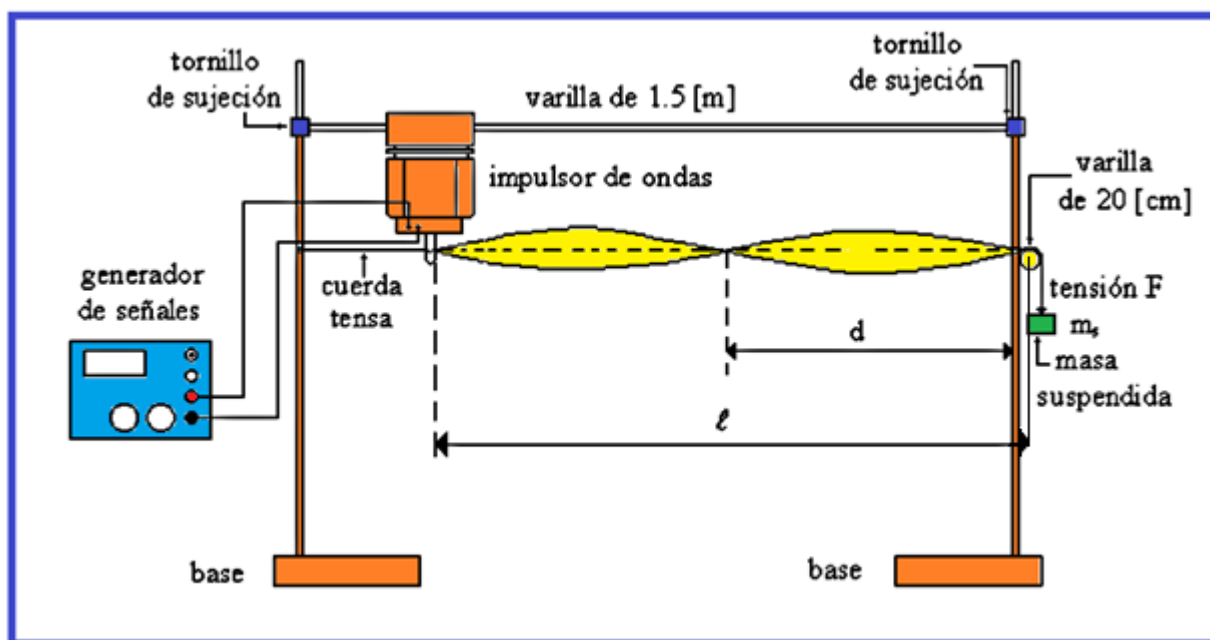



Figura 11.1. Dispositivo experimental.

## Actividad 3

Coloque la varilla de 1.5 [m] a una altura mayor que 40 [cm] de la mesa y se sugiere que la longitud  $\ell$  mostrada sea de un metro, con lo cual la distancia entre las varillas verticales se podrá fijar en aproximadamente 1.10 [m]. Mida la masa y la longitud de la cuerda.

masa de la cuerda: \_\_\_\_\_ [   ]      longitud de la cuerda: \_\_\_\_\_ [   ]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	100/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

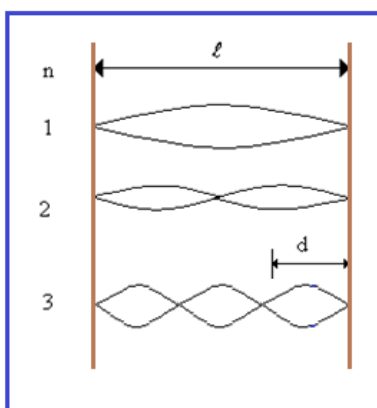
Sujete la cuerda en la varilla más cercana al impulsor de ondas y pasarla a través de la ranura de este último. En la otra varilla vertical colocar perpendicularmente la barra de 20 [cm] que se empleará como polea, dejando descansar la cuerda sobre ella. Cuelgue las masas proporcionadas y el valor total de éstas será la masa suspendida ( $m_{\text{suspendida}}$ ), la cual originará la tensión ( $F = m_{\text{suspendida}} g_{\text{CDMX}}$ ) en la cuerda.

masa suspendida ( $m_{\text{suspendida}}$ ): \_\_\_\_\_ [ ] tensión en la cuerda (F): \_\_\_\_\_ [ ]

#### Actividad 5

Energice el generador de señales cuidando que la amplitud de la señal sea mínima y disminuya el valor de su frecuencia hasta 2 [Hz].

Con giros suaves aumente la frecuencia de la señal que recibe el impulsor de ondas, hasta que en la cuerda se produzca el modo de vibración  $n = 1$ , de ondas estacionarias, que se reconoce por formarse un solo lóbulo de longitud  $\ell$  (media onda) entre los dos nodos, siendo éstos los puntos inmóviles de la cuerda, como se indica en la figura 11.2.




donde:

$n$ : número de modos de vibración

$\ell$ : distancia entre apoyos

$d$ : distancia entre nodos

Figura 11.2. Modos de vibración ( $n$ ) de ondas estacionarias.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	101/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Aumente la amplitud de la señal del generador para observar mejor el modo de vibración de la cuerda y registre el valor de la frecuencia en la tabla 11.2.

Aumente lenta y suavemente la frecuencia hasta encontrar el segundo modo de vibración ( **$n = 2$** ), registre el valor de la frecuencia y de la distancia ( **$d$** ) entre dos nodos consecutivos. Repita el procedimiento hasta el modo de vibración 6.

Determine el valor de la longitud de onda,  $\lambda$  [m], observando que  **$\lambda = 2d$** . A partir de los valores de frecuencia registrados determine el período,  $\tau$  para cada modo de vibración.

**Tabla 11.2**


modo de vibración (n)	f [Hz]	d [m]	$\lambda=2d$ [m]	$\tau= 1/f$ [s]
1				
2				
3				
4				
5				
6				

## Actividad 7

Realice la gráfica de la longitud de onda en función de la frecuencia:  $\lambda = f(f)$ .

## Actividad 8

Obtenga el modelo gráfico de la longitud de onda en función del período, es decir:  $\lambda = f(\tau)$ .

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	102/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 9

Obtenga el modelo matemático de la longitud de onda en función del período, es decir:

$$\lambda = f(\tau).$$


## 5. Cuestionario

1. ¿Qué tipo de curva resulta la gráfica longitud de onda ( $\lambda$ ) en función de la frecuencia (**f**)?
2. ¿Cuál es el modelo matemático obtenido de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función del período ( $\tau$ )?
3. ¿Cuál es la rapidez de propagación experimental de las ondas, con base en el modelo del inciso anterior?
4. ¿Cuál es el valor teórico de la rapidez de propagación de las ondas, de acuerdo con la tensión en la cuerda y su densidad lineal?
5. ¿Cuál es la exactitud del valor experimental de la rapidez de propagación de las ondas si se toma al valor de la pregunta anterior como valor patrón?

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	103/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 8. Anexo

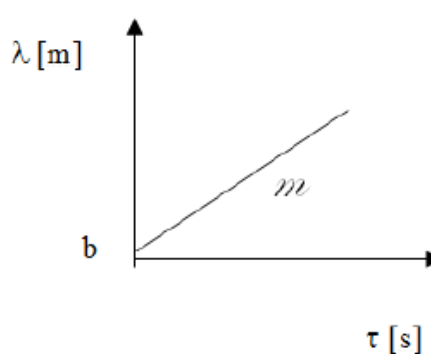
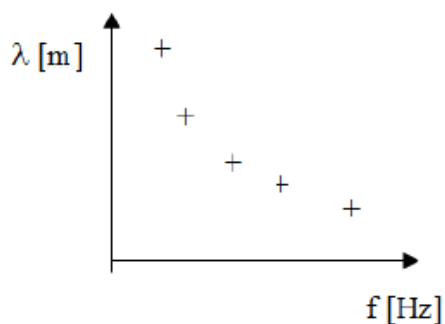
### Expresiones matemáticas necesarias

$$f = \frac{1}{\tau} ; \quad \lambda = \frac{2\ell}{n} ; \quad |\vec{F}| = m_s |\vec{g}| ; \quad \mu = \frac{m_{\text{cuerda}}}{\ell_{\text{cuerda}}} ; \quad v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} ;$$

$$v = f \lambda ; \quad |\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$\mu$  = densidad lineal de la cuerda;  $\tau$ : período [s]

### Modelos gráficos




### Modelo matemático

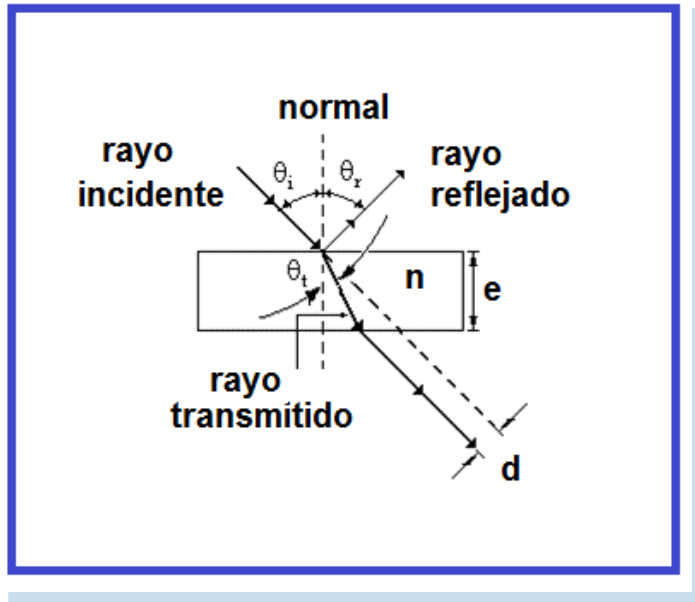
$$\lambda \text{ [m]} = m \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \tau \text{ [s]} + b \text{ [m]}$$

para  $\tau > 0$


$$m = \frac{d\lambda}{d\tau} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	104/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 12. Reflexión y refracción (transmisión) de la luz






	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	105/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Láser	No debe de verse directamente, ya que causa lesiones permanentes en el ojo.
2	Banco óptico	Mal colocado en la mesa puede caer y causar lesiones.
3	Accesorios de vidrio	Si son mal manipulados pueden caer y romperse en fragmentos punzo-cortantes.

## 2. Objetivos de aprendizaje

- Obtener los modelos gráfico y matemático del ángulo de reflexión  $\theta_r$  en función del ángulo de incidencia  $\theta_i$  de un rayo de luz.
- Determinar los valores de los ángulos de transmisión  $\theta_t$ , a través de las mediciones de los ángulos de incidencia  $\theta_i$ , el espesor  $e$  de una muestra translúcida de paredes paralelas, y de las desviaciones laterales  $d$  correspondientes.
- Obtener los modelos gráfico y matemático del seno del ángulo de transmisión **sen**  $\theta_t$  en función del seno del ángulo de incidencia **sen**  $\theta_i$  en un medio translúcido.
- Determinar el índice de refracción de la placa de acrílico empleada con base en el modelo matemático del inciso anterior y conociendo que los índices de transmisión del vacío y del aire son 1.0 y 1.00029, respectivamente.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	106/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Material y equipo

- fuente de láser
- banco óptico
- transportador angular con brazo móvil
- porta-componentes estándar
- porta-componentes especial
- pantalla con escala milimétrica
- espejo de superficie plana
- placa de acrílico
- calibrador con vernier

### 4. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas del transportador angular. Llene la tabla 12.1.


**Tabla 12.1**

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

#### Actividad 2

Sobre el banco óptico, con la escala graduada hacia el frente, coloque la fuente de láser sin encenderla, de manera que su rayo apunte hacia la pared más próxima para evitar incidir en los ojos de algún compañero del grupo.

Coloque encima del banco óptico la fuente de láser, a 20 [cm] de distancia el transportador angular. Alinearlo longitudinalmente con el banco, en la dirección 0° y 180°, como se indica en la figura 12.1.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	107/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

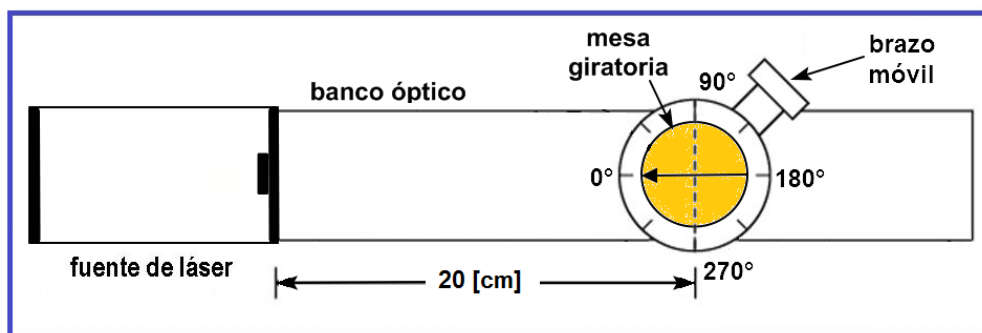


Figura 12.1. Dispositivo experimental.

### Actividad 3

Coloque sobre la mesa giratoria, del transportador angular, el porta-componentes especial (el de menor altura) con el espejo plano adherido. Haga coincidir la línea de dirección  $90^\circ$  y  $270^\circ$  con el plano del espejo, a su vez quedando de frente al láser, como se muestra en la figura 12.2.

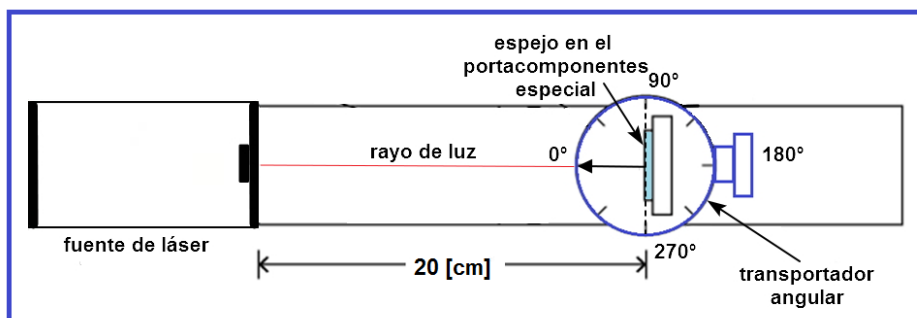



Figura 12.2. Colocación del espejo en el porta-componentes especial.

### Actividad 4

Encienda la fuente de láser y verifique el alineamiento del transportador angular y del espejo; como el rayo de luz incide sobre el espejo con un ángulo de cero grados, determine el ángulo con que se refleja, recordar que los ángulos de incidencia, de reflexión y de transmisión se miden con respecto a la normal de la muestra en el punto de incidencia y que dichos rayos y la normal son coplanares.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	108/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Gire  $10^\circ$  la mesa móvil del transportador, de manera que ahora el ángulo de incidencia  $\theta_i$  sea de  $10^\circ$ , gire el brazo móvil del transportador angular en el cual colocamos la pantalla con escala milimétrica para localizar el rayo reflejado por el espejo. Registre el ángulo de reflexión  $\theta_r$  como se indica en la figura 12.3.

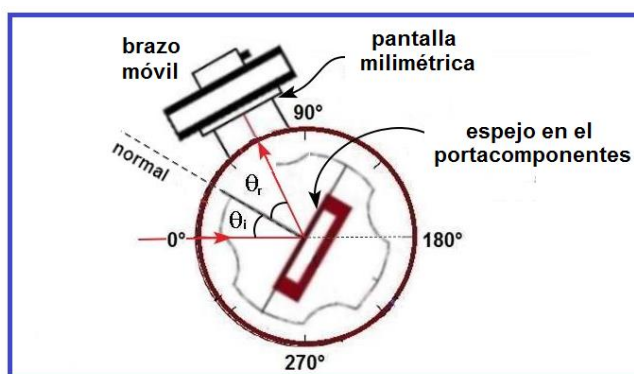



Figura 12.3. Rayo incidente y rayo reflejado.

Varíe el ángulo de incidencia y registre el ángulo de reflexión. Complete la tabla 12.2.

Tabla 12.2

$\theta_{\text{incidencia}} [^\circ]$	$\theta_{\text{reflexión}} [^\circ]$	$\theta_{\text{reflexión}} [\text{rad}]$
30		
40		
50		
60		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	109/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Con la ayuda del calibrador con vernier, mida el espesor  $e$  del acrílico y regístrelo.

$e =$  \_\_\_\_\_ [mm]

## Actividad 7

Apague la fuente de láser, retire del banco óptico el porta-componentes especial con el espejo y coloque sobre la mesa giratoria la placa de acrílico, vigilando que la cara mayor de la placa próxima al láser quede paralela con la línea  $90^\circ$  y  $270^\circ$  de la mesa giratoria, como se muestra en la figura 12.4.

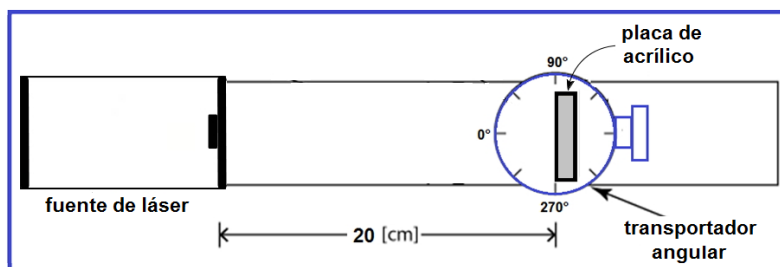


Figura 12.4. Colocación de la placa de acrílico.

## Actividad 8

Gire el brazo móvil del transportador hasta la dirección  $180^\circ$ ; encienda la fuente de láser y centre la pantalla cuando el rayo incide en el dígito 2 de la misma; este número será nuestra referencia para medir las desviaciones laterales  $d$ , como se ve en la figura 12.5.

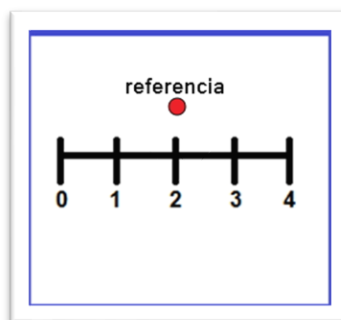



Figura 12.5. Pantalla con escala milimétrica.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	110/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 9

Gire la mesa del transportador angular, de tal forma que el ángulo de incidencia sobre el acrílico sea  $10^\circ$ ; mida la desviación lateral  $d$  que corresponde a dicho ángulo haciendo una estimación lo más exacta posible, como se muestra en la figura 12.6.

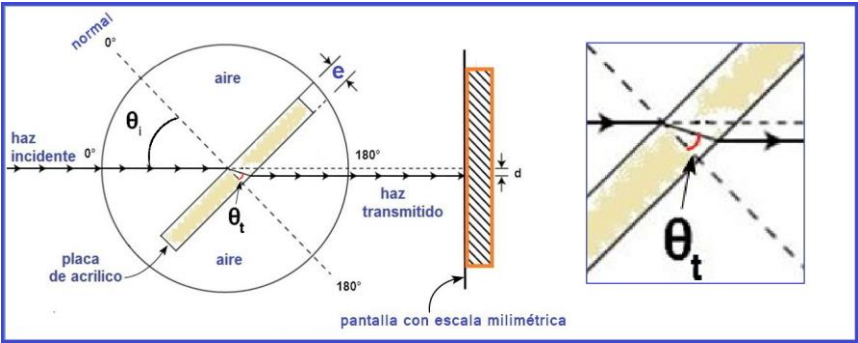



Figura 12.6. Medición de la desviación lateral  $d$ .

### Actividad 10

Para cada ángulo de incidencia registre la desviación lateral  $d$  correspondiente en la tabla 12.3.

Tabla 12.3

$\theta_i$ [°]	$d$ [mm]	$d/e$ [1]	$\text{sen } \theta_i$	$\text{cos } \theta_i$	$\text{tan } \theta_t$	$\theta_t$ [°]	$\text{sen } \theta_t$
20							
25							
30							
35							
40							
45							

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	111/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 11

Realice el modelo gráfico del  $\text{sen } \theta_t$  en función del  $\text{sen } \theta_i$ , es decir:  $\text{sen } \theta_t = f(\text{sen } \theta_i)$ .

## Actividad 12

Obtenga el modelo matemático del  $\text{sen } \theta_t$  en función del  $\text{sen } \theta_i$ , es decir:  
 $\text{sen } \theta_t = f(\text{sen } \theta_i)$ .


## 5. Cuestionario

- De acuerdo con las mediciones y los modelos gráfico y matemático obtenidos para la reflexión de la luz, ¿cómo puede expresarse la ley de la reflexión?
- ¿Es importante para la observación y medición de la desviación lateral **d**, el espesor **e** de la placa traslúcida empleada? Explique.
- ¿Cuál es el modelo matemático obtenido para el  $\text{sen } \theta_t$  en función del  $\text{sen } \theta_i$ , para el material empleado?
- Determine el valor experimental del índice de transmisión **n** del material de la placa empleado, con base en el modelo matemático del inciso anterior.

## 6. Conclusiones

## 7. Bibliografía

Young H. D. y Freedman R. A.; "Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA" Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Física Experimental</b>	Código:	<b>MADO-09</b>
		Versión:	05
		Página	112/112
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física Experimental	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

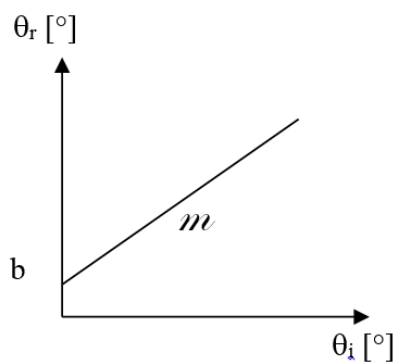
## 8. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

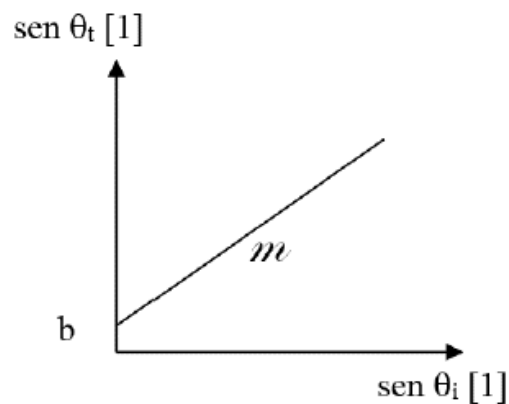
$$\tan \theta_t = \frac{\sin \theta_i - \frac{d}{e}}{\cos \theta_i} ; \quad n_x = \frac{c}{v_x} ; \quad n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$$

### Modelos gráficos

#### Reflexión de la Luz



#### Transmisión de la Luz



### Modelos matemáticos

$$\theta_r [\circ] = m [\circ/\circ] \theta_i [\circ] + b [\circ]$$

$$\sin \theta_t [1] = m [1] \sin \theta_i [1] + b [1]$$