
	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	1/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Manual de Prácticas de Laboratorio de Física


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 M en I Juan Carlos Cedeño Vázquez Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	4 agosto 2017

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	2/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Contenido

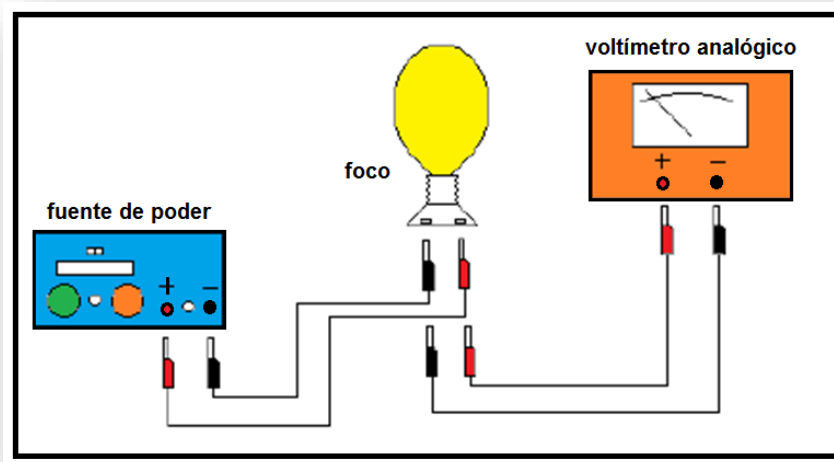
Páginas


Práctica 1	3
Caracterización de un voltímetro analógico	3
Práctica 2	12
Caracterización de un dinamómetro	12
Práctica 3	21
Propiedades de las sustancias	21
Práctica 4	28
Gradiente de presión	28
Práctica 5	38
Algunas propiedades térmicas del agua	38
Práctica 6	50
Leyes de la Termodinámica	50
Práctica 7	58
Carga y corriente eléctrica	58
Práctica 8	68
Fuerza magnética sobre un conductor	68
Práctica 9	79
Movimiento ondulatorio	79
Práctica 10	89
Reflexión y refracción (transmisión) de la luz	89

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	3/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 1

Caracterización de un voltímetro analógico




	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	4/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	5/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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
dos cables de conexión cortos

4. Desarrollo de las actividades


Actividad 1

Analizar el voltímetro por caracterizar, registrar marca y modelo, e identificar sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad, en su caso, aclarar estos conceptos. Verificar el **ajuste a cero** del voltímetro y, de ser necesario, hacer el ajuste mecánico con el tornillo colocado al centro de la parte inferior de la carátula.

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

Actividad 2

Armar el circuito mostrado en la figura 1, sin poner en funcionamiento la fuente de poder y verificar que las perillas de corriente y voltaje estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (⤴).

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	6/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

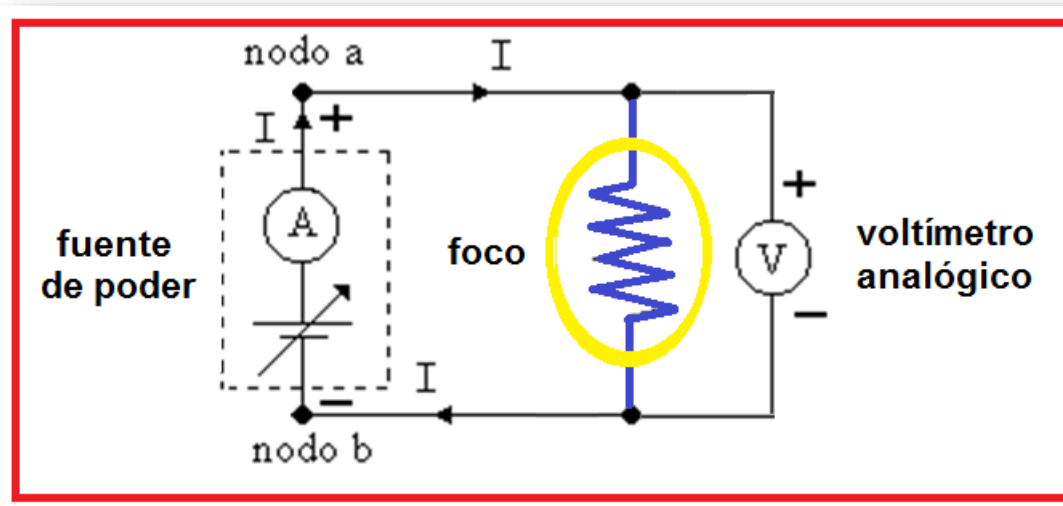
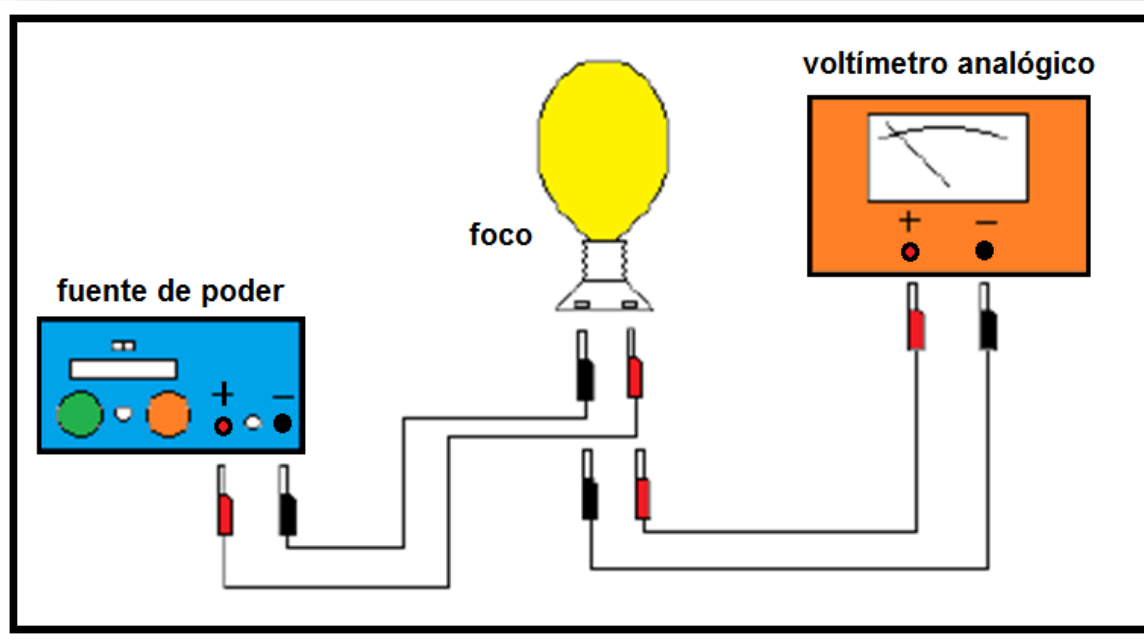



Figura 1. Dispositivo experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	7/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 3

Encender la fuente y con giros pequeños de las dos perillas graduar los valores de la diferencia de potencial (voltaje), aplicada al foco, en el circuito; tomar el valor del voltímetro digital como valor patrón y registrar la lectura del voltímetro analógico.

Actividad 4

Llene la siguiente tabla de mediciones en forma creciente y luego decreciente (zig-zag) hasta completar las cinco columnas.

V_p [V]	V_{L1} [V]	V_{L2} [V]	V_{L3} [V]	V_{L4} [V]	V_{L5} [V]	$\overline{V_L}$ [V]
2.5						
4.5						
6.5						
8.5						
10.5						
12.5						
14.5						

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	8/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 5

Complete la tabla con los cálculos necesarios empleando las expresiones matemáticas proporcionadas.

V_P [V]	\overline{V}_L [V]	% EE	% E	% EP	% P	ΔV [V]	$\overline{V}_L \pm \Delta V$ [V]
2.5							
4.5							
6.5							
8.5							
10.5							
12.5							
14.5							

Nomenclatura:


V_P	valor patrón
\overline{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
ΔV	incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado
$\overline{V}_L \pm \Delta V$	valor más representativo con su incertidumbre

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	9/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	10/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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 FISICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

8. Anexo


Expresiones matemáticas necesarias

$$\% EE = \left| \frac{V_p - \bar{V}_L}{V_p} \right| \times 100 \text{ y } \% E = 100 - \% EE ;$$

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

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

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

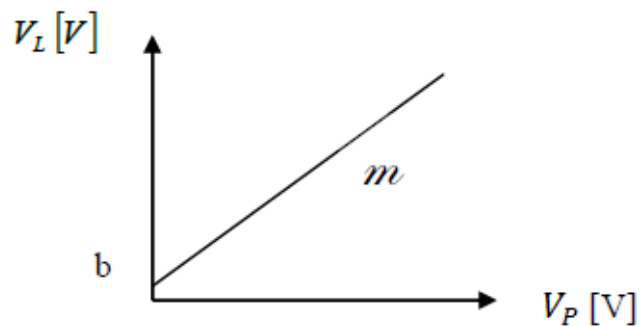
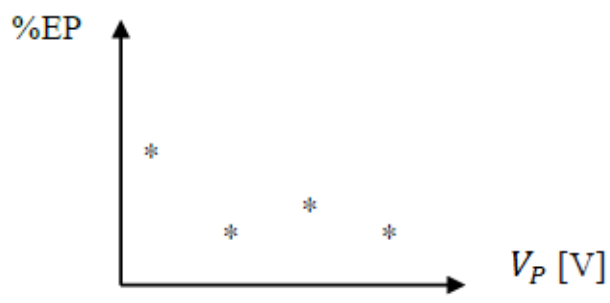
	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	11/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Expresiones del método de la suma de los cuadrados mínimos:

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


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

Modelos gráficos



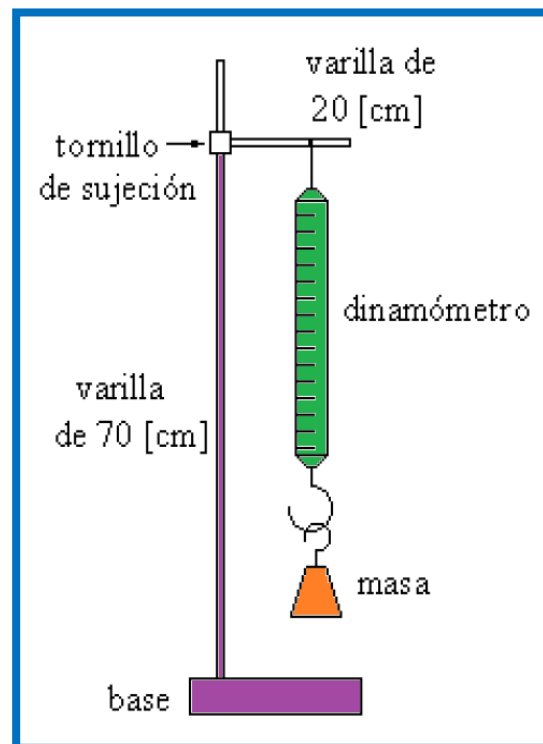
Modelo matemático


$$V_L[V] = m V_P [V] + b$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	12/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2

Caracterización de un dinamómetro




	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	13/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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 del dinamómetro para cada valor patrón.
- Determinar el error de precisión y el porcentaje de precisión 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	14/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Material y equipo

dinamómetro de 0 a 10 [N]
 dos masas 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

4. Desarrollo de las actividades


Actividad 1

Analizar el dinamómetro por caracterizar, registrar marca y modelo, e identificar sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad. Llenar la siguiente tabla.

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

Actividad 2

Verificar 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 asegurar el **ajuste a cero**. Colocar el dinamómetro en el soporte universal para realizar las mediciones, ver figura 1.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	15/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

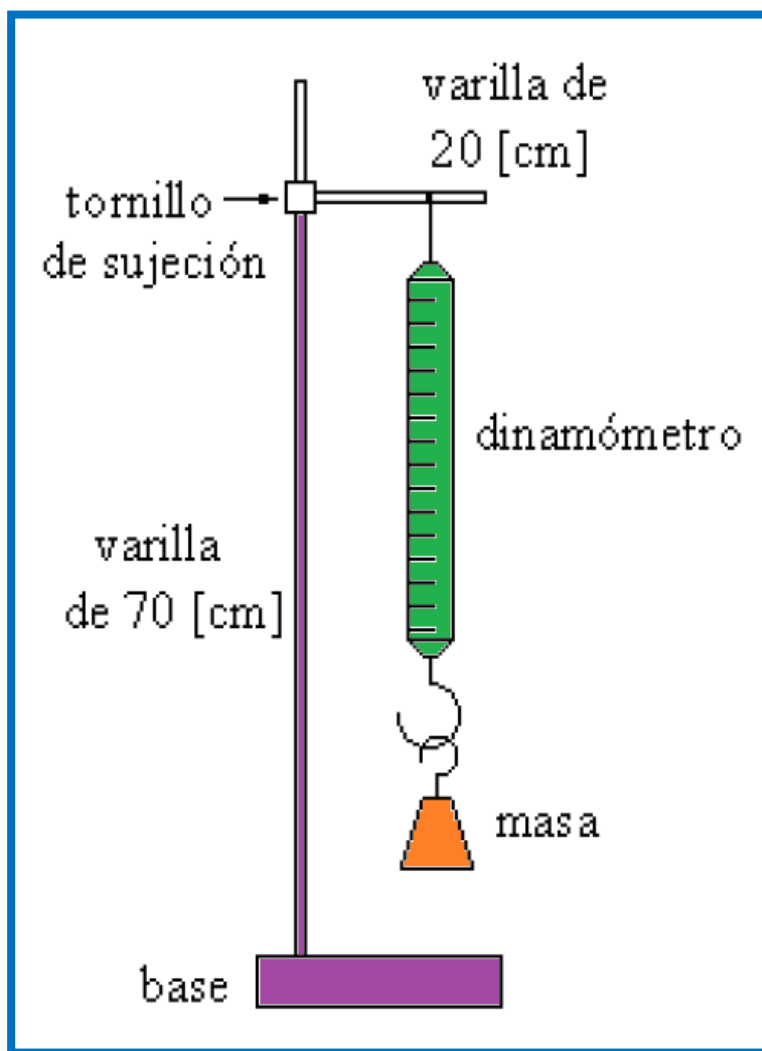



Figura 1. Dispositivo experimental del dinamómetro.

Actividad 3


Colgar en el dinamómetro las masas patrones de manera sucesiva y registrar el peso de cada una; efectuar las mediciones en forma creciente y luego decreciente hasta completar las cinco columnas ($W_1, W_2 \dots W_5$) en la siguiente tabla. Recuerde que el peso es $W_P = m_P \cdot g$; donde W_P [N], m_P [kg], g [m/s^2].

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	16/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Completar la columna de pesos patrones (W_P) aplicando la segunda ley de Newton ($W_P = m_P \cdot g$) y el valor de la aceleración gravitatoria local ($g = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$).

m_P [g]	m_P [kg]	W_P [N]	W_{L1} [N]	W_{L2} [N]	W_{L3} [N]	W_{L4} [N]	W_{L5} [N]	\overline{W}_L [N]
50								
100								
150								
200								
250								
300								
350								
400								

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	17/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 5

Llenar la siguiente tabla con los cálculos necesarios.

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

Nomenclatura:


W_P	peso patrón
\overline{W}_L	peso leído promedio
% EE	porcentaje de error de exactitud
% E	porcentaje de exactitud
% EP	porcentaje de error de precisión
% P	porcentaje de precisión
ΔV	incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado
$\overline{W}_L \pm \Delta W$	valor más representativo con su incertidumbre

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	18/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. Indique para qué valor patrón se tuvo el mayor error de exactitud.
2. 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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	19/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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

$W_P = m_P \cdot g_{CDMX}$; en la cual $g_{CDMX} = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$

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


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

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

$$S_w = \pm \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{W}_L - w_i)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad y \quad \Delta W = S_{mw} = \frac{\pm S_w}{\sqrt{n}} \quad ; \quad [\Delta W]_u = [S_{mw}]_u = [S_w]_u$$

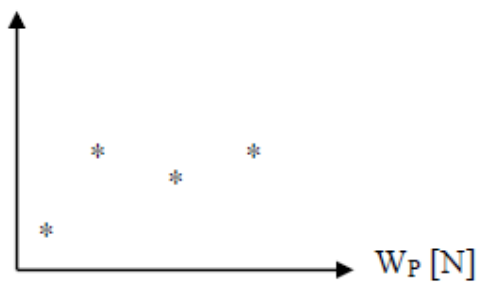
Expresiones del método de la suma de los cuadrados mínimos cuadrados:

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

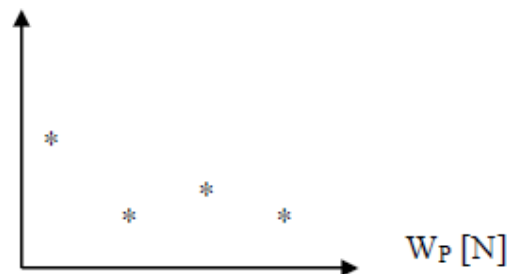
	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	20/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Modelos gráficos

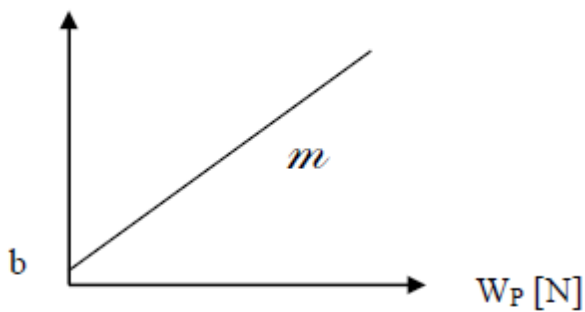
%EE



%EP




$\overline{W}_L [N] =$



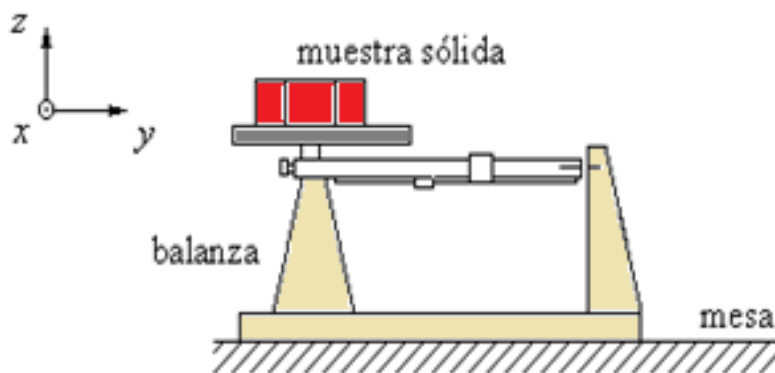
Modelo matemático


$$\overline{W}_L [N] = m W_P [N] + b [N]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	21/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3

Propiedades de las sustancias



	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	22/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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
 flexómetro
 jeringa de 10 [ml]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	23/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo de las actividades

Actividad 1

Identificar las características estáticas de la balanza proporcionada.

Rango	Resolución	Legibilidad

Actividad 2

Medir la masa de cada muestra de sustancia, no olvidar la verificación del **ajuste a cero** de la balanza, el cual se llevará a cabo colocando los jinetillos completamente a la izquierda de los brazos móviles (donde marquen cero) y girar 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, ver figura 1.

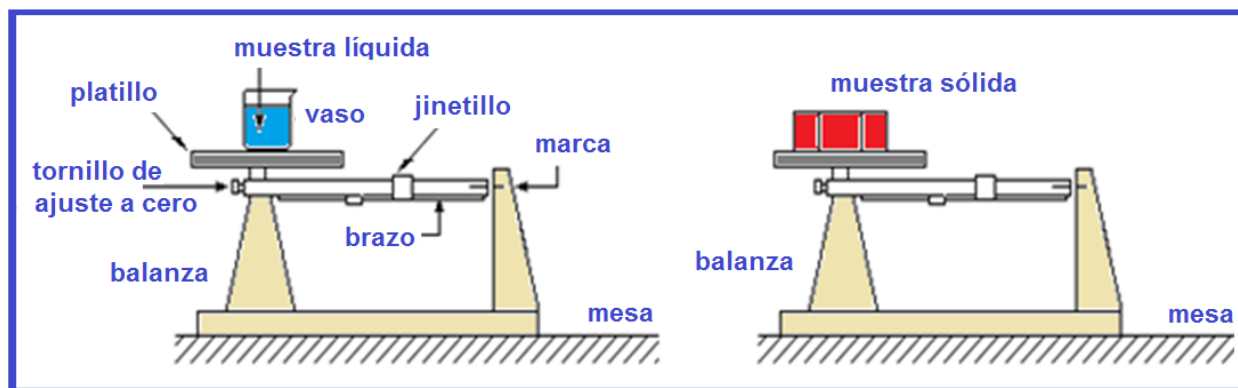



Figura 1. Diagrama de medición de muestras sólidas y líquidas.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	24/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Medir las dimensiones de las muestras sólidas que permitan determinar su volumen. En el caso de sustancias líquidas medir la masa total (recipiente y sustancia) y no olvidar restar la masa del recipiente. Para el aceite y la glicerina, los volúmenes se encuentran especificados en los recipientes; para determinar la masa del agua utilice la jeringa como auxiliar en el llenado del vaso de precipitados. Llene la siguiente tabla.


sustancia	fase	m [kg]	V [m ³]	W [N]
aceite				
agua				
glicerina				
esponja				
acero				
madera				
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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	25/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4


Llenar la siguiente tabla indicando si son propiedades intensivas o extensivas; así como si se trata de cantidades físicas escalares o vectoriales.

	ρ [kg/m ³]	δ [1]	γ [N/m ³]	ν [m ² /kg]
Propiedad Intensiva o extensiva				
Cantidad física vectorial o escalar				

Actividad 5

Llenar la siguiente tabla con el empleo de las expresiones matemáticas proporcionadas en el anexo.

Sustancia	ρ [kg/m ³]	δ [1]	γ [N/m ³]	ν [m ² /kg]
aceite				
agua				
glicerina				
esponja				
acero				
madera				
acrílico				

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	26/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

donde para cada sustancia:

m = masa

W = peso

V = volumen

ρ = densidad

δ = densidad relativa


v = volumen específico

γ = peso específico

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. Mencione 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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	27/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


7. Bibliografía

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

8. Anexo

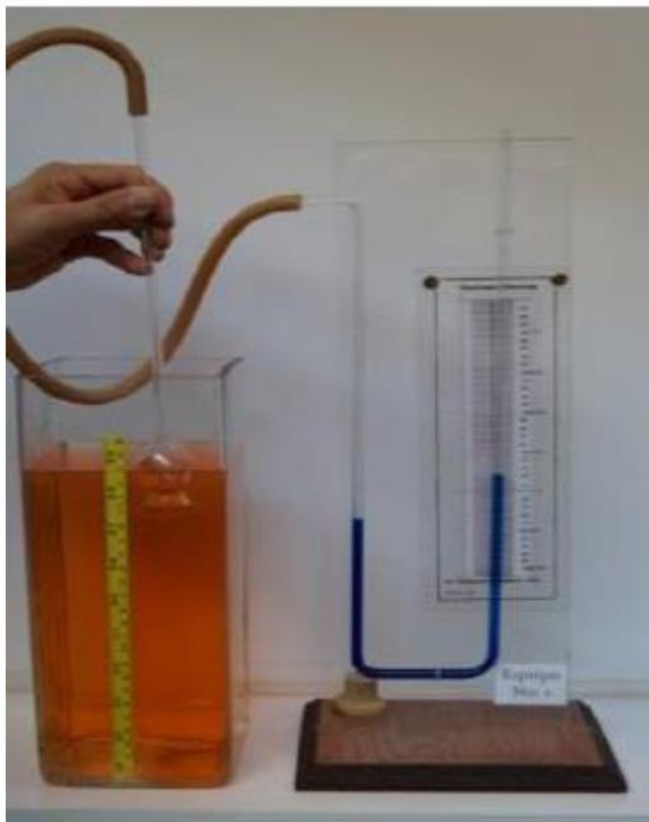
Expresiones matemáticas necesarias


$$\vec{W} = m\vec{g} ; \quad \vec{g} = -9.78 \hat{k} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] ; \quad \rho = \frac{m}{V} ; \quad \delta_x = \frac{\rho_x}{\rho_{\text{agua}}} ; \quad \vec{\gamma} = \frac{\vec{W}}{V} \quad \text{y} \quad v = \frac{1}{\rho}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	28/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 4

Gradiente de presión



	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	29/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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_{man} en función de la profundidad ' y ' en un fluido homogéneo en reposo.
- Obtener, a partir del modelo matemático anterior, la densidad ρ y la magnitud del peso específico γ del fluido empleado.
- Explicar la relación que existe entre 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]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	30/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo de las actividades

Actividad 1

Identificar las características estáticas del manómetro diferencial.

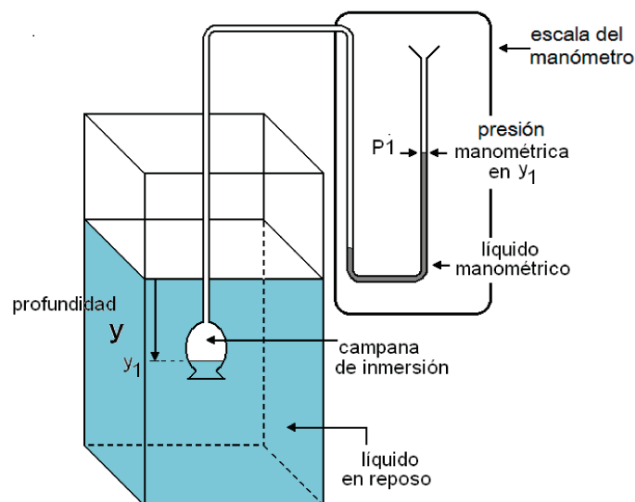
Rango	Resolución	Legibilidad


Actividad 2

Verificar que en el recipiente de base cuadrada con un líquido desconocido se alcancen 15 [cm] de profundidad como mínimo.

Ajustar a cero el manómetro diferencial desplazando la escala móvil; si es necesario, agregar líquido manométrico.

Introducir 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. (U).



	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	31/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

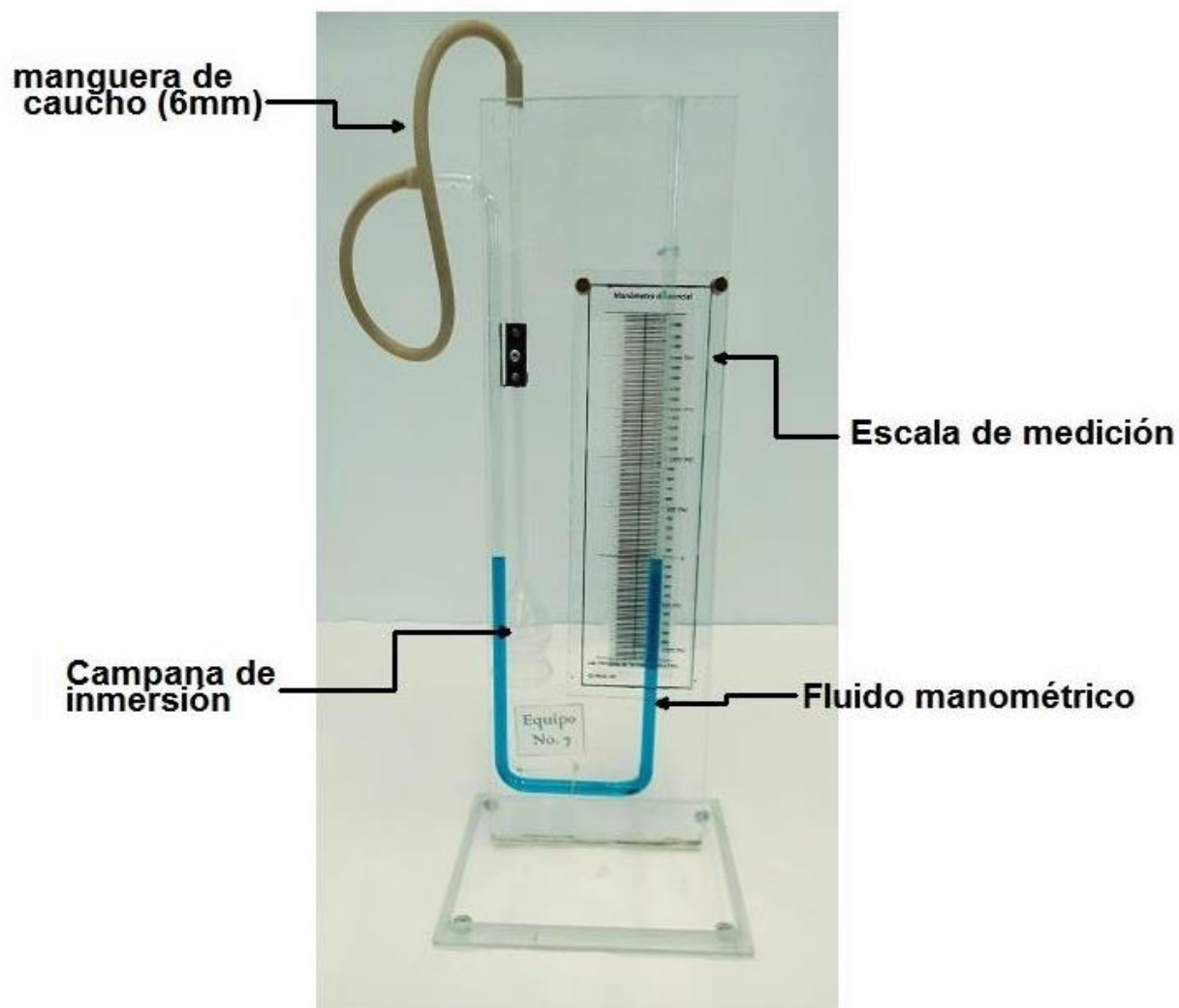




Figura 1. Dispositivo experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	32/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

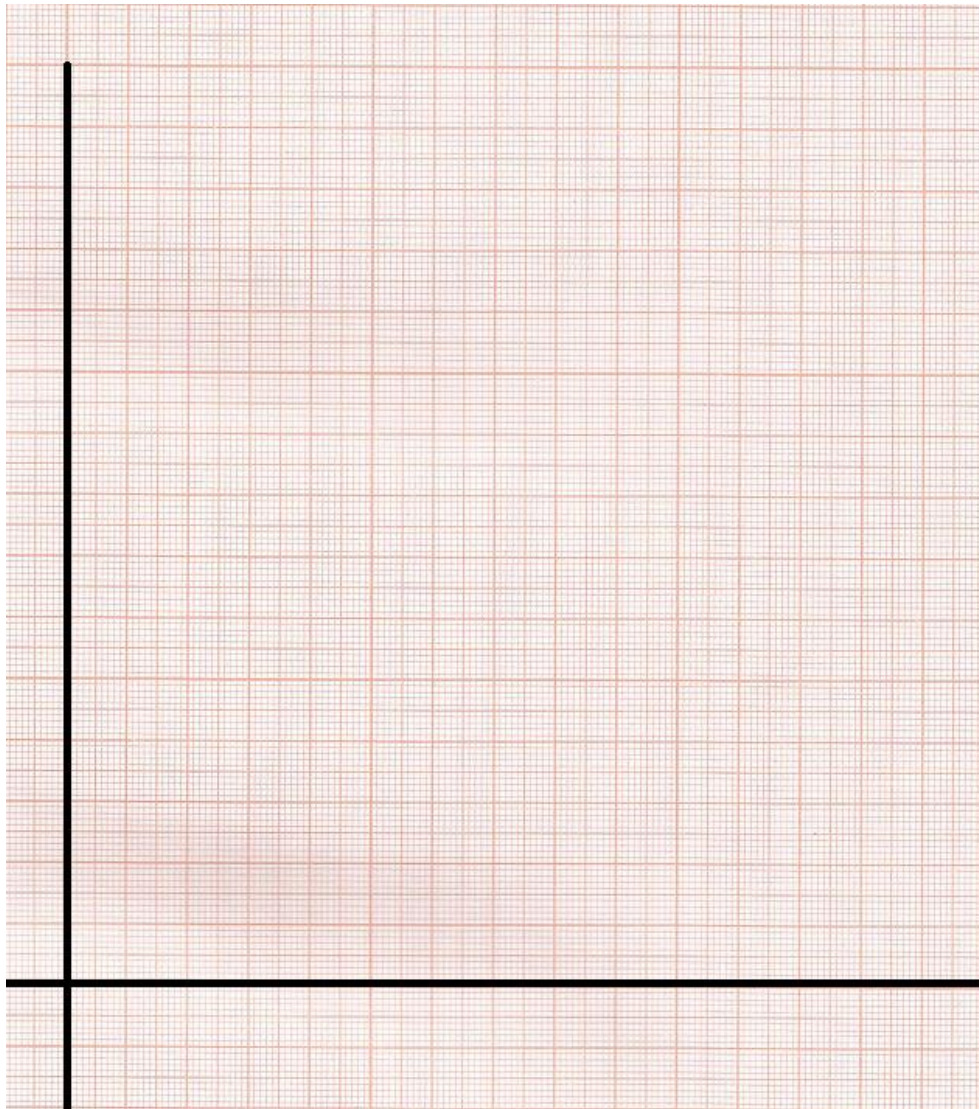
Registrar en la siguiente tabla la presión manométrica en el líquido desconocido para los valores crecientes de profundidad; después, disminuir gradualmente la profundidad y medir la presión correspondiente; continuar así hasta completar los conjuntos de mediciones necesarios (cinco en este caso).

y [m]	P ₁ [Pa]	P ₂ [Pa]	P ₃ [Pa]	P ₄ [Pa]	P ₅ [Pa]	\bar{P}_{man} [Pa]
0.02						
0.04						
0.06						
0.08						
0.10						
0.12						


	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	33/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Localizar los puntos experimentales del modelo gráfico de la presión manométrica en función de la profundidad en el líquido desconocido en reposo.



Gráfica 1. Presión manométrica en función de la profundidad.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	34/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 5

Obtener el modelo matemático de la presión manométrica en función de la profundidad en el líquido bajo estudio. Trazar en la gráfica de la actividad anterior la recta obtenida en el modelo matemático.

Actividad 6

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

$\gamma =$ _____ [] $\rho =$ _____ []

Actividad 7

Con la ayuda de las explicaciones del profesor y de la gráfica siguiente, identifique una presión manométrica y una presión vacuométrica; relaciónelas con la presión atmosférica para obtener las presiones absolutas de la manométrica y de la vacuométrica. Considere que la presión atmosférica a nivel del mar es de 101 325 [Pa] y en la Ciudad de México de 77 400 [Pa] aproximadamente.

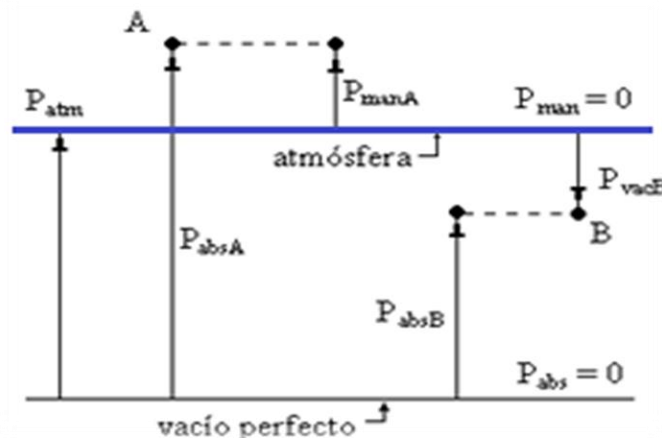




Figura 2. Presión manométrica, presión vacuométrica y presión absoluta.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	35/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. ¿Cuál es el modelo matemático de la presión manométrica P_{man} en función de la profundidad y obtenido?
2. ¿Cuál es el valor de la magnitud del peso específico $|\vec{\gamma}|$ y el de la densidad ρ 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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	36/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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

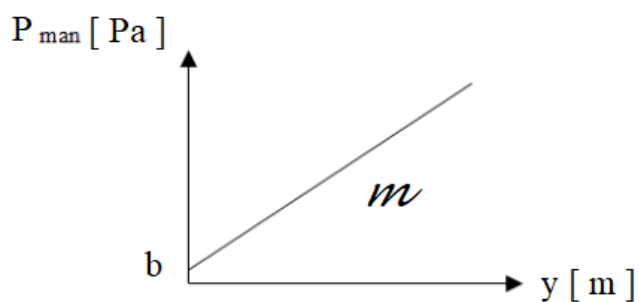
$$P_A - P_B = -\rho \left| \vec{g} \right| (Z_A - Z_B);$$


$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{Hg}} \left| \vec{g} \right| \bar{h}_{\text{bar}};$$

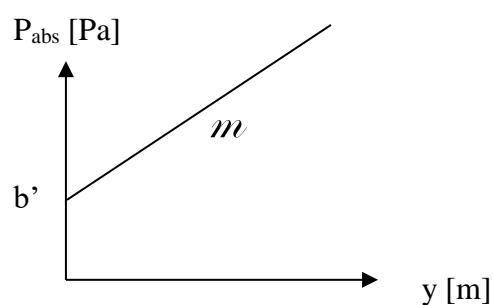
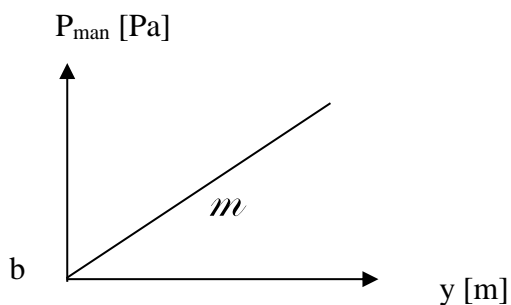
$$\rho_{\text{Hg}} = 13,600 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right];$$

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

Modelos gráficos



	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	37/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




Modelos matemáticos

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

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

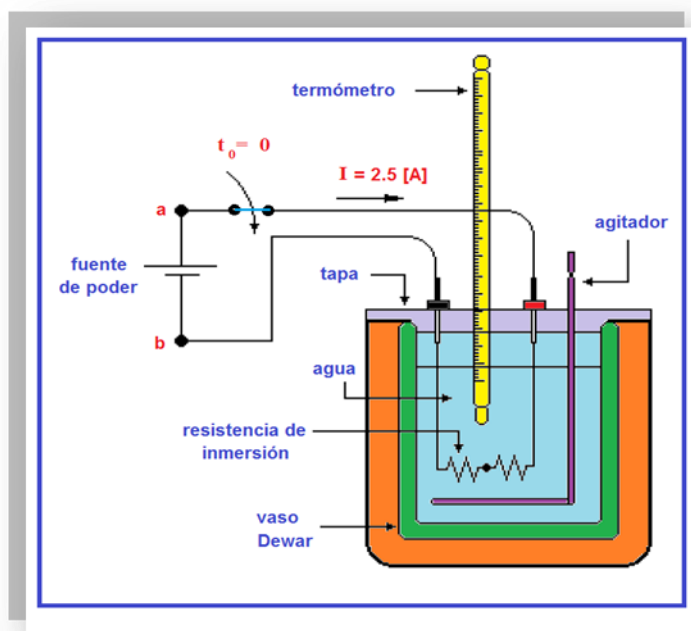
$$P_{\text{abs}}[\text{Pa}] = m \left[\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right] y[\text{m}] + b'[\text{Pa}]$$


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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	38/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 5

Algunas propiedades térmicas del agua




	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	39/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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_{sum}) en función del incremento de temperatura (ΔT), y de la energía en forma de calor suministrado (Q_{sum}) en función de la temperatura (T) de la sustancia empleada.
- Obtener los modelos matemáticos de la energía en forma de calor suministrado (Q_{sum}) a una sustancia en función de la temperatura T y del incremento de temperatura ΔT 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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	40/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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
 tapón de hule
 cronómetro digital
 balanza de brazo triple
 jeringa de 10 [mℓ]
 150 [g] de agua

4. Desarrollo de las actividades

Actividad 1

Registrar las características estáticas de los instrumentos indicados.

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
termómetro de inmersión			
balanza			

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	41/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2

Medir 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 debe energizarse si está fuera del líquido cuya temperatura se desea elevar. No olvide **ajustar a cero** la balanza.

masa de agua líquida: _____ [kg]

Actividad 3

Armar el dispositivo experimental mostrado en la figura 1, sin encender aún la fuente de poder, verificar que los dos resistores que forman la resistencia de inmersión estén conectados en serie; es decir uno a continuación del otro.

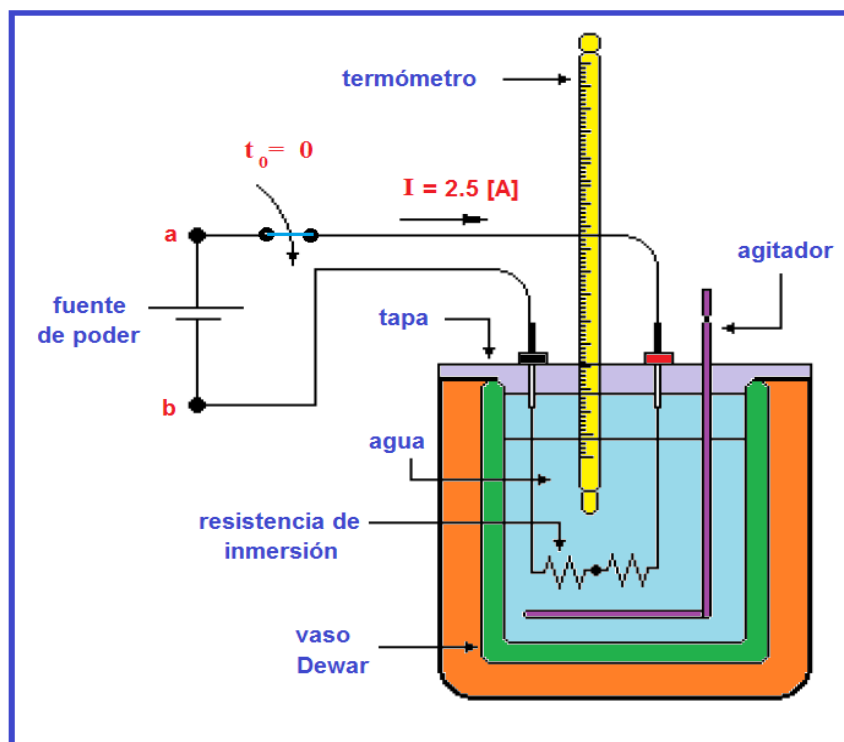



Figura 1. Dispositivo experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	42/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Verificar que las dos perillas de la fuente de poder estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj. Con giros pequeños de las dos perillas de la fuente hacer circular una corriente de 2.5 [A], abrir el circuito en este momento sin mover la posición de las perillas.

intensidad de corriente eléctrica, $I =$ _____ [A]

diferencia de potencial eléctrica, $V_{ab} =$ _____ [V]

potencia eléctrica, $P = V_{ab} * I =$ _____ [W]


Actividad 5

Agitar ligeramente el contenido del calorímetro para que las propiedades del líquido sean homogéneas; medir y registrar la temperatura inicial del líquido y tener listo el cronómetro para medir el lapso Δt que ha permanecido energizado el circuito de la fuente y la resistencia de inmersión.

temperatura inicial del líquido, $T_{\text{inicial}} =$ _____ [°C] = _____ [K]

Actividad 6


En el instante $t_0 = 0$ segundos: cerrar el circuito, atender al termómetro y poner en operación el cronómetro para registrar el lapso Δt [s] que ha transcurrido desde que se cerró el circuito y en el que se alcanzó en el líquido un incremento $\Delta T = 2$ [°C] = 2 [K] en su temperatura. Agitar suavemente el contenido del calorímetro durante la realización del experimento. No detener el cronómetro cuyo funcionamiento debe ser continuo como el de la fuente de poder

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	43/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 7

Proceder de manera semejante, cuando el líquido en el calorímetro ha alcanzado un nuevo incremento de $\Delta T = 2\text{ }^{\circ}\text{C} = 2\text{ [K]}$. Observe que las lecturas del voltímetro y del amperímetro permanecen constantes durante la realización del experimento. Con las mediciones realizadas, llene la tabla siguiente.

T [$^{\circ}\text{C}$]	ΔT [$^{\circ}\text{C}$]	Lectura del cronómetro	Δt [s]	V _{ab} [V]	I [A]	P [W]
$T_0 = T_{\text{inicial}}$	0	0	0	0	0	
$T_1 = T_0 + 2^{\circ}$	2				2.5	
$T_2 = T_1 + 2^{\circ}$	4				2.5	
$T_3 = T_2 + 2^{\circ}$	6				2.5	
$T_4 = T_3 + 2^{\circ}$	8				2.5	
$T_5 = T_4 + 2^{\circ}$	10				2.5	

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	44/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 8

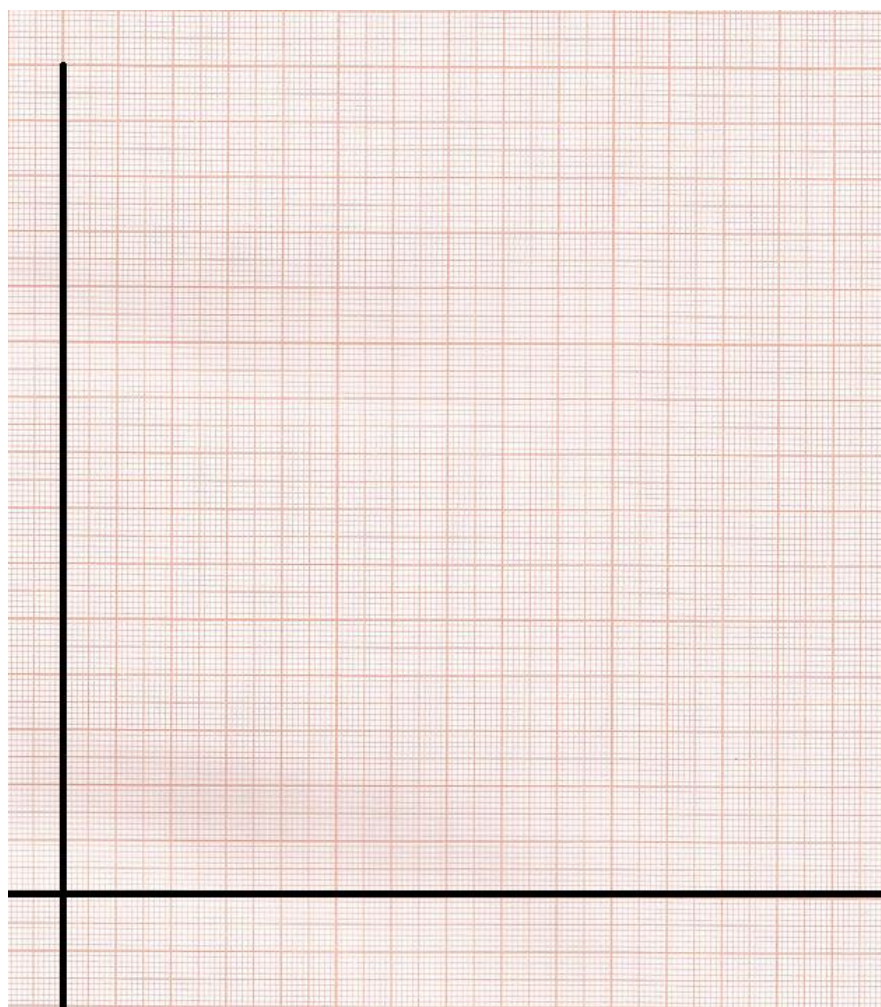
Completar el llenado de la siguiente tabla, calculando la energía proporcionada $Q_{\text{sum}} \cdot [\text{J}]$.

T [°C]	ΔT [°C]	$Q_{\text{sum}} = P \text{ [J/s]} * \Delta t \text{ [s]}$
$T_0 =$	0	
$T_1 =$	2	
$T_2 =$	4	
$T_3 =$	6	
$T_4 =$	8	
$T_5 =$	10	

Actividad 9

Trazar el modelo gráfico y obtener el modelo matemático $Q_{\text{sum}} \text{ [J]} = f(\Delta T) \text{ [°C]}$ con la información de la tabla anterior y el método del mínimo de la suma de los cuadrados. Sobre el modelo gráfico trace la mejor recta obtenida con el modelo matemático.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	45/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




valor de la pendiente = _____ [] valor de la ordenada = _____ []

Actividad 10

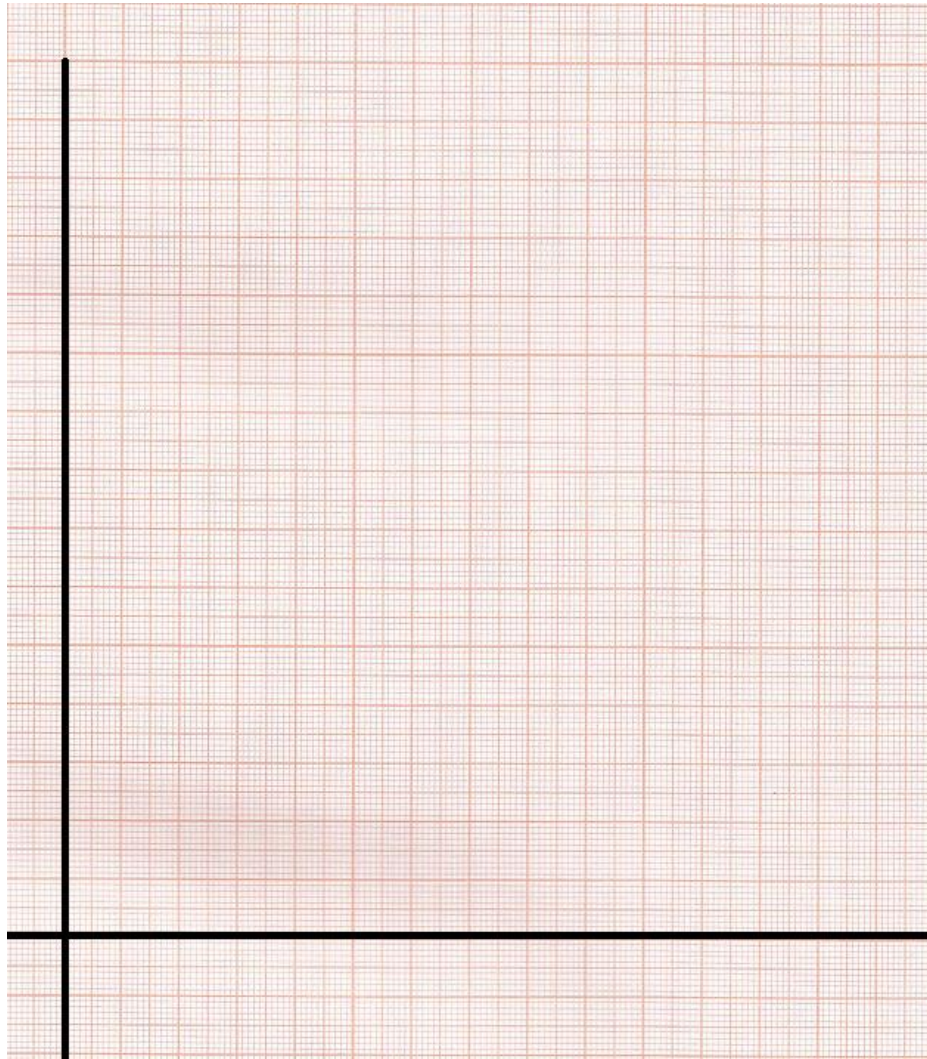
Del modelo matemático obtenido en la actividad anterior, obtener la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica (c) con sus respectivas unidades en el SI, de la masa de agua empleada. Para lo anterior, se sugiere comparar el modelo matemático con el modelo teórico $Q_{\text{sum}} = m c \Delta T$

$C =$ _____ [] $c =$ _____ []


	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	46/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 11

Trazar el modelo gráfico y obtener el modelo matemático $Q_{\text{sum}} [\text{J}] = f(T) [^{\circ}\text{C}]$ con las columnas de datos correspondientes de la tabla anterior y el método del mínimo de la suma de los cuadrados. Sobre el modelo gráfico trace la mejor recta obtenida con el modelo matemático.



valor de la pendiente = _____ [] valor de la ordenada = _____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	47/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 12

Del modelo matemático obtenido en la actividad anterior, obtener la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica (c) con sus respectivas unidades en el SI, de la masa de agua empleada. Para lo anterior, se sugiere comparar el modelo matemático con el modelo teórico $Q_{sum}=m c T-m c T_0$

C = _____ []


c = _____ []

Actividad 13

Colocar 50 gramos 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]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	48/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. Escriba el modelo matemático del calor suministrado $Q_{\text{sum}} \text{ [J]} = f(\Delta T) \text{ [}^\circ\text{C]}$ para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
2. Escriba el modelo matemático del calor suministrado $Q_{\text{sum}} \text{ [J]} = f(T) \text{ [}^\circ\text{C]}$ 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.

6. Conclusiones

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	49/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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

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

$$\Delta T = T_i - T_{\text{inicial}}$$

$$\Delta t = t - t_0, \quad \text{para } t_0 = 0 \text{ [s]}$$

$$Q_{\text{sum}} = V_{ab} I \Delta t \text{ [J]}$$

$$P = V_{ab} I \text{ [W]}; \text{ potencia eléctrica}$$

$$Q_{\text{sum}} = P \Delta t$$

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


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

$$m c = C$$

donde:

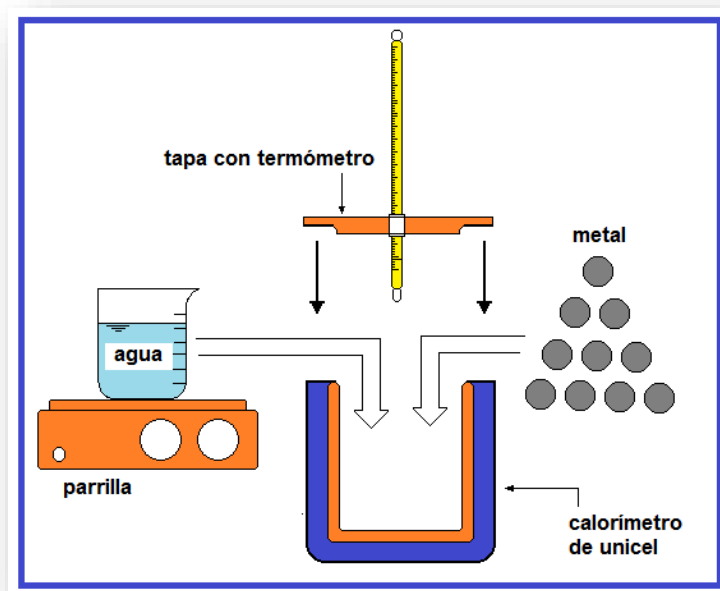
c = capacidad térmica específica


C = capacidad térmica o capacidad calorífica

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	50/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 6

Leyes de la Termodinámica




	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	51/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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_{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_{metal} con respecto a un valor patrón de tablas de propiedades.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	52/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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
 parrilla eléctrica con agitador
 80 [g] de agua
 muestra de metal
 termómetro de inmersión
 jeringa de 10 [mℓ]

4. Desarrollo de las actividades

Actividad 1


Registrar las características estáticas de los instrumentos indicados.

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
balanza con balanzón			
termómetro de inmersión			

Actividad 2

Medir la masa del metal disponible (m_{metal}) y determinar su temperatura inicial ($T_{i \text{ metal}}$) la cual se sugiere sea la temperatura ambiente. Para esta medición sumergir las monedas en un vaso de precipitados con agua y un minuto después medir la temperatura; ésta será la temperatura inicial del metal. Eliminar el agua y secar perfectamente las muestras del metal.

masa del metal (m_{metal}): ____ [] temperatura inicial del metal ($T_{i \text{ metal}}$): ____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	53/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Medir una masa de 80 gramos de agua líquida y con la ayuda de la parrilla elevar su temperatura, vigilar la homogeneidad de esta propiedad agitando ligeramente el contenido del recipiente hasta alcanzar los 40 [°C] ($T_{i \text{ agua}}$); retirar de inmediato el recipiente de la parrilla, verter el agua al calorímetro y verificar la temperatura inicial del agua.

Colocar con mucha precaución la muestra de metal en el calorímetro y taparlo perfectamente, como se muestra en la figura; agitar suavemente el calorímetro con las manos para conseguir homogeneidad.

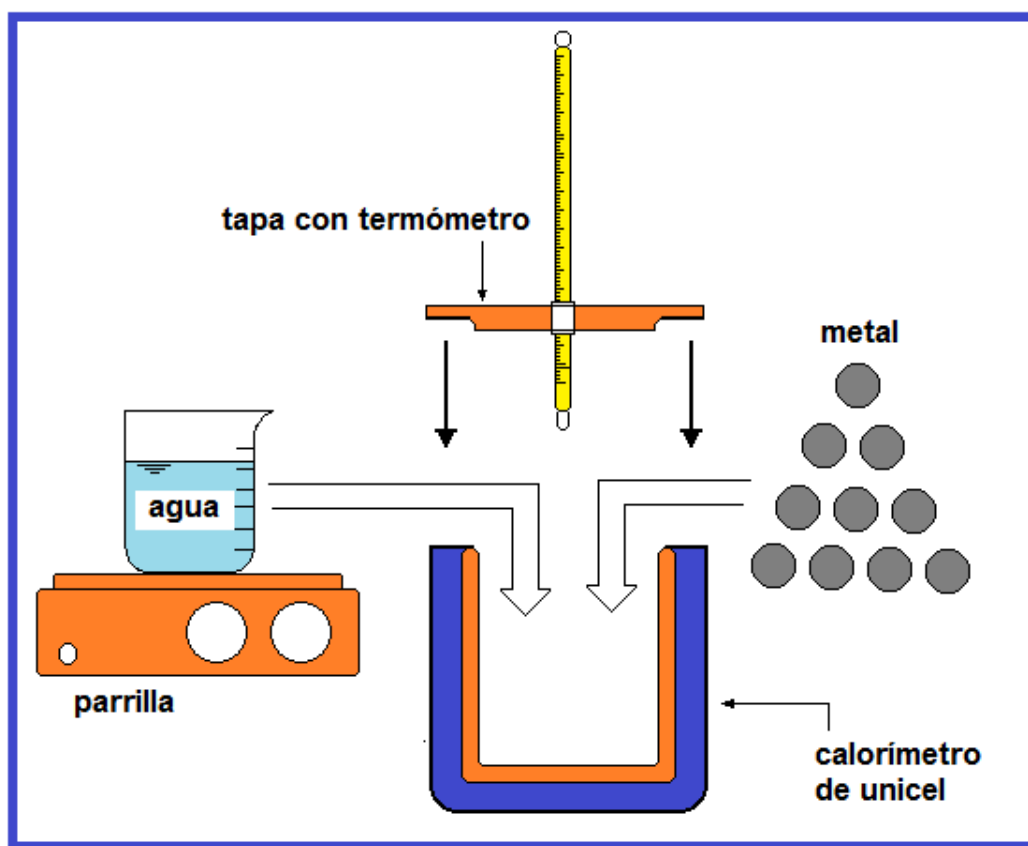



Figura 1. Dispositivo experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	54/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Medir la temperatura de equilibrio de la mezcla (T_{eq}) aproximadamente un minuto después de haberla hecho y registrar ese dato.

temperatura de equilibrio de la mezcla (T_{eq}): ____ []


Actividad 5

Explicar la ley cero y primera ley de la Termodinámica para sistemas termodinámicos estacionarios y aislados.

Actividad 6

Aplicar la primera ley de la Termodinámica para determinar la capacidad térmica específica del metal empleado.

capacidad térmica específica del metal (C_{metal}): ____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	55/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 7

Con las mediciones obtenidas durante el experimento, llenar la siguiente tabla.


m_{agua} [kg]	m_{metal} [kg]	C_{agua} [J/(kg·ΔK)]	$T_{i \text{ agua}}$ [°C]	$T_{i \text{ metal}}$ [°C]	T_{eq} [°C]	C_{metal} [J/(kg·ΔK)]
		4186				

Actividad 8

Obtener el porcentaje de exactitud del valor experimental de la capacidad térmica específica del metal C_{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 10%, se recomienda repetir el experimento.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	56/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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_{metal} ?

6. Conclusiones

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	57/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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

$$Q = m c (T - T_0)$$

$$\Sigma Q + \Sigma W = \Delta E,$$

donde:

$$\Delta E = \Delta EC + \Delta EP + \Delta U$$

Para un sistema estacionario

$$\Delta EC = 0 \quad \text{y} \quad \Delta EP = 0$$

Para un sistema aislado

$\Delta U = 0$; y como $\Sigma W = 0$. Se concluye que $\Sigma Q = 0$ en el interior del calorímetro.

Con la conclusión anterior:


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

considerando que: $Q_{\text{vaso}} \approx 0$, que $Q_{\text{tapa}} \approx 0$ y $Q_{\text{termómetro}} \approx 0$.

Por lo tanto:

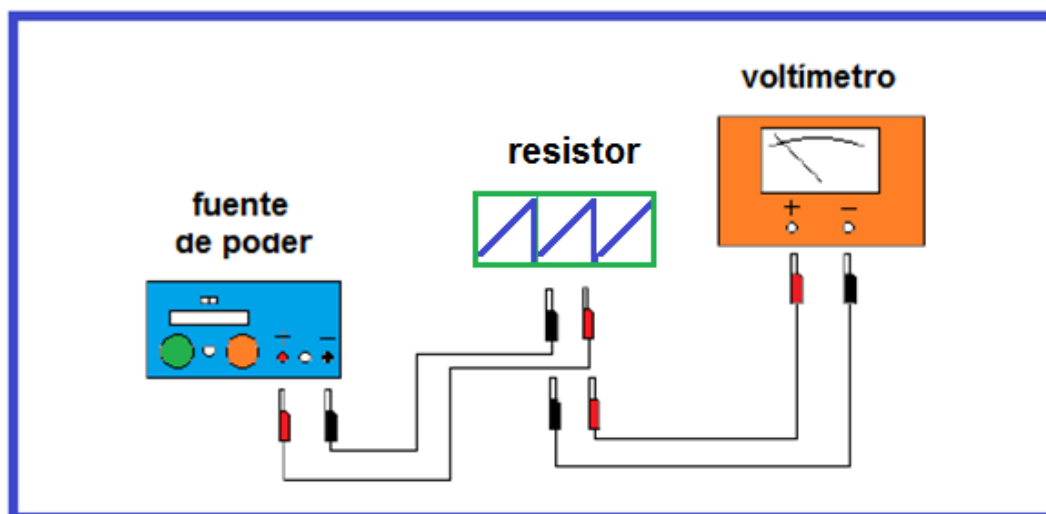
$$m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} (T_{\text{eq}} - T_{\text{i agua}}) + m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (T_{\text{eq}} - T_{\text{i metal}}) = 0$$


que se puede emplear para calcular c_{metal} en cada experimento.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	58/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7

Carga y corriente eléctrica



	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	59/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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

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

Para el profesor:

generador Van de Graaff
 muestreador
 electroscopio

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	60/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Desarrollo de las actividades

Experimento I. Carga eléctrica

Actividad 1

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

Actividad 2

Extender la tira de polietileno sobre la mesa y frotarla varias veces con la franela. Colgar la tira de polietileno de manera tal que las caras frotadas queden frente a frente.

Observar la repulsión entre las caras de la tira. Este dispositivo experimental constituye un electroscopio (figura 1).

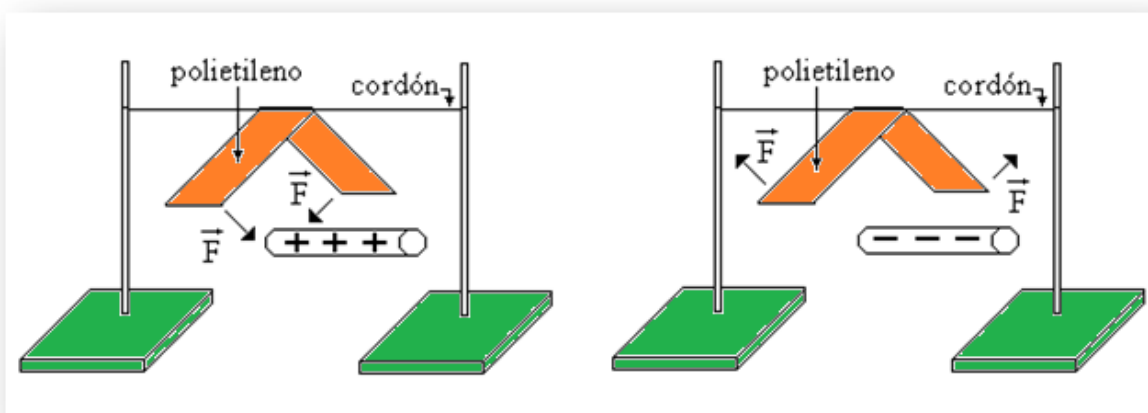



Figura 1. Electroscopio.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	61/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 3

Frotar 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.

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

Actividad 4


Aplicar la convención de Benjamín Franklin e inferir 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

Frotar cada barra con cada uno de los materiales disponibles, acercar la barra con carga eléctrica a los extremos de la tira de polietileno e inferir el signo de la carga de la barra; registrar los resultados en la tabla siguiente.

frotador	acrílico	ebonita	PVC	vidrio
franela				
piel		–		
seda				+

Nota: Anotar (+ o –) según sea la carga eléctrica de la barra después de frotarse con cada material.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	62/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 6 (Profesor)

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

Cargar : _____

Descargar : _____

Experimento II. Intensidad de corriente eléctrica.

Actividad 7

Identificar las características estáticas del voltímetro analógico.


Rango	Resolución	Legibilidad

Actividad 8

Sin energizar, conectar el circuito representado en los diagramas 2 y 3. Los nodos a y b representan los bornes positivo y negativo, respectivamente, de la fuente de poder.

Verificar que ambas perillas de la fuente estén giradas totalmente en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.

Se medirá la diferencia de potencial (voltaje) entre los puntos a y b con el voltímetro analógico proporcionado y la Intensidad de corriente eléctrica con la fuente de poder.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	63/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

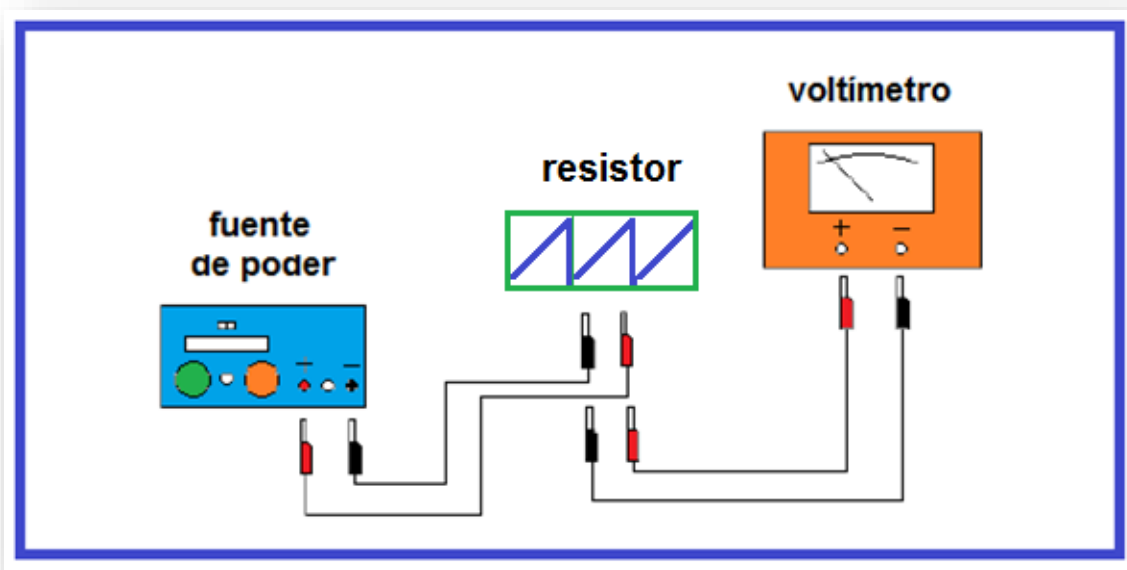


Diagrama 2. Conexiones para medir la diferencia de potencial.

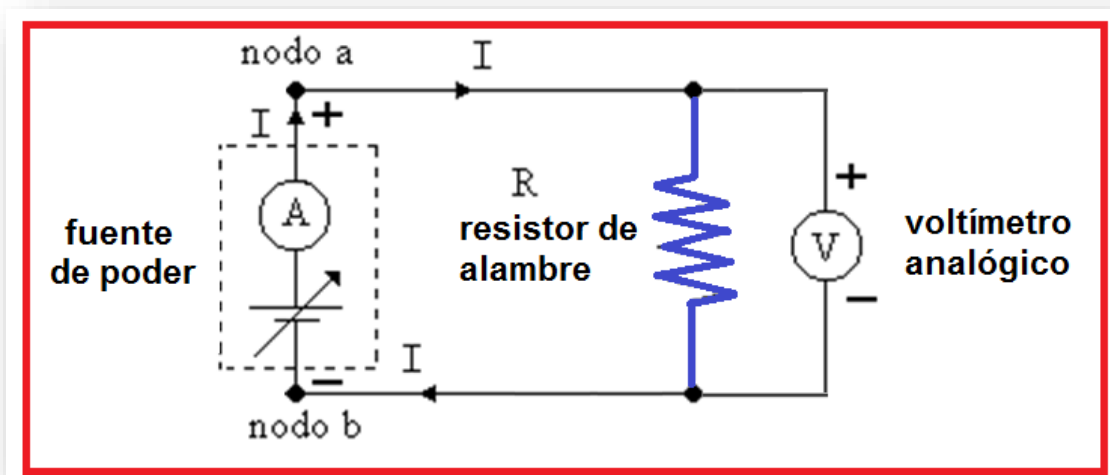



Diagrama 3. Conexiones para medir la diferencia de potencial entre los nodos a y b.


	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	64/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 9

Se energiza el circuito, con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder, graduar la corriente **I** en la fuente y en el resistor **R**. Para cada valor de corriente eléctrica medir y registrar la diferencia de potencial V_{ab} en el voltímetro.

Variar la corriente eléctrica **I** en forma ascendente, medir y registrar la diferencia de potencial que corresponda a cada valor de **I**. Repetir 2 veces más, las mediciones de corriente y voltaje, ahora en forma decreciente, efectuando las mediciones en forma de zig-zag.

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					

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	65/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 10

Completar el llenado de la siguiente tabla con ayuda de las expresiones matemáticas proporcionadas.

I [A]	\bar{V}_{ab} [V]	ΔV_{ab} [V]	$(\bar{V}_{ab} \pm \Delta V_{ab})$ [V]
0.02			
0.04			
0.06			
0.08			
0.10			
0.12			

Actividad 11


Trazar el modelo gráfico y obtener el modelo matemático $V [V] = m [V/A] I [A] + b[V]$ con la información de la tabla anterior.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	66/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. ¿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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	67/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Bibliografía

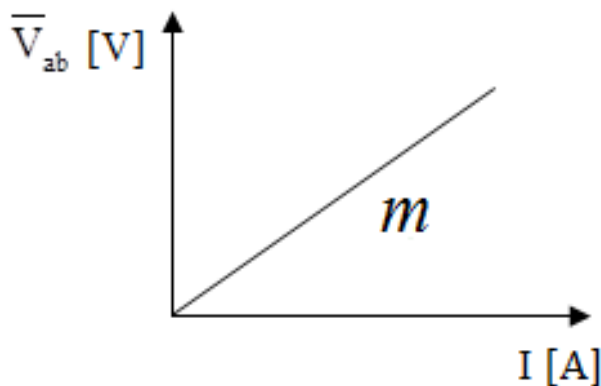
Young H. D. y Freedman R. A.; “Sears y Zemansky FÍSICA UNIVERSITARIA CON FÍSICA MODERNA” Vol. 2; Editorial Pearson; 13ª edición; México, 2014.

8. Anexo

Expresiones matemáticas necesarias


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

Modelo gráfico



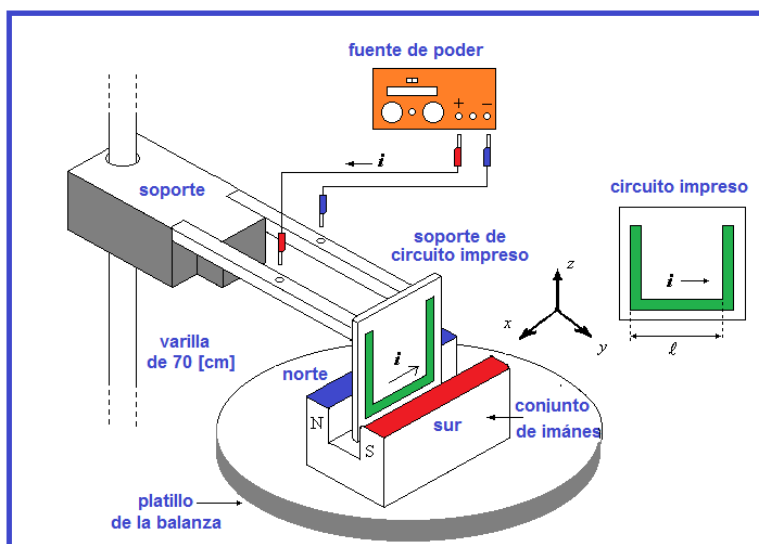
Modelo matemático


$$V_{ab} [V] = m [V/A] I [A] + b[V]$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	68/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 8

Fuerza magnética sobre un conductor




	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	69/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	70/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Material y equipo

fuentes 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 de 0 a 310 [g] con vernier

calibrador con vernier

Para uso del profesor:


teslámetro digital con punta de prueba transversal

4. Desarrollo de las actividades

Actividad 1

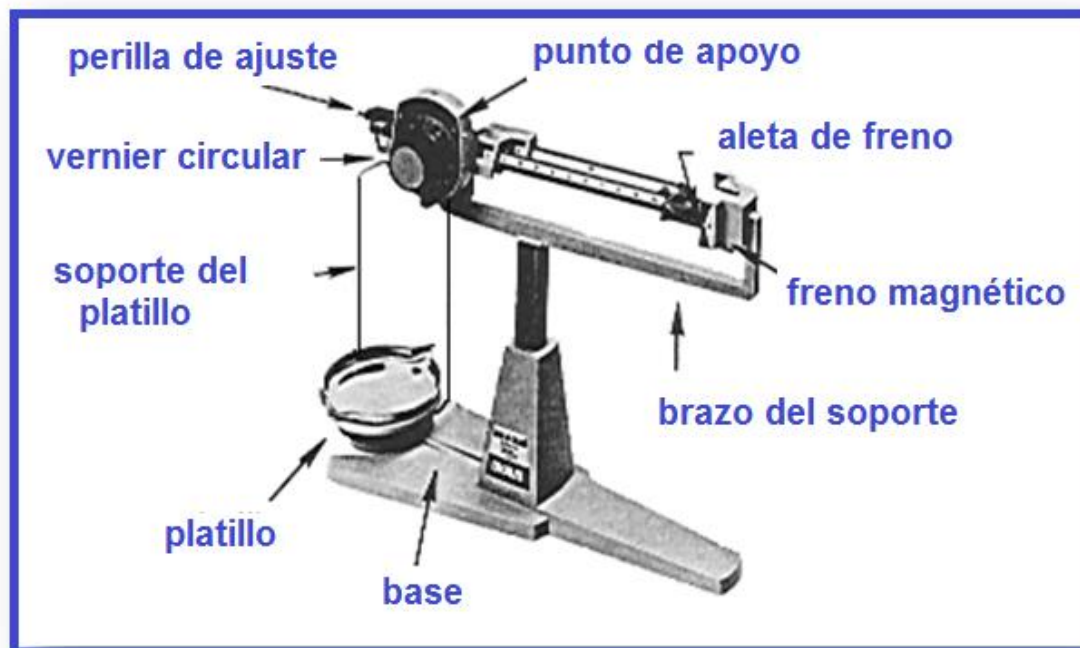
Identificar las características estáticas de la balanza proporcionada.

Rango	Resolución	Legibilidad

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	71/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2


Verificar el **ajuste a cero** de la balanza. Observar 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.



Actividad 3

Medir la masa real del conjunto de imanes (m_0), sin encender la fuente de poder.

masa real del conjunto de imanes (m_0): _____ [kg]

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	72/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Medir la longitud media ℓ de la parte inferior del circuito impreso en forma de U, como se muestra en el diagrama; **verificar si la tableta tiene circuito impreso en ambos lados** para determinar la longitud total.

longitud del conductor (ℓ): _____ [m]

Actividad 5

Armar el dispositivo experimental mostrado la figura 1, **sin encender la fuente de poder**, en la cual las dos perillas (de voltaje y de corriente) deberán estar colocadas en el valor mínimo, lo que se consigue girando totalmente ambas perillas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.

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

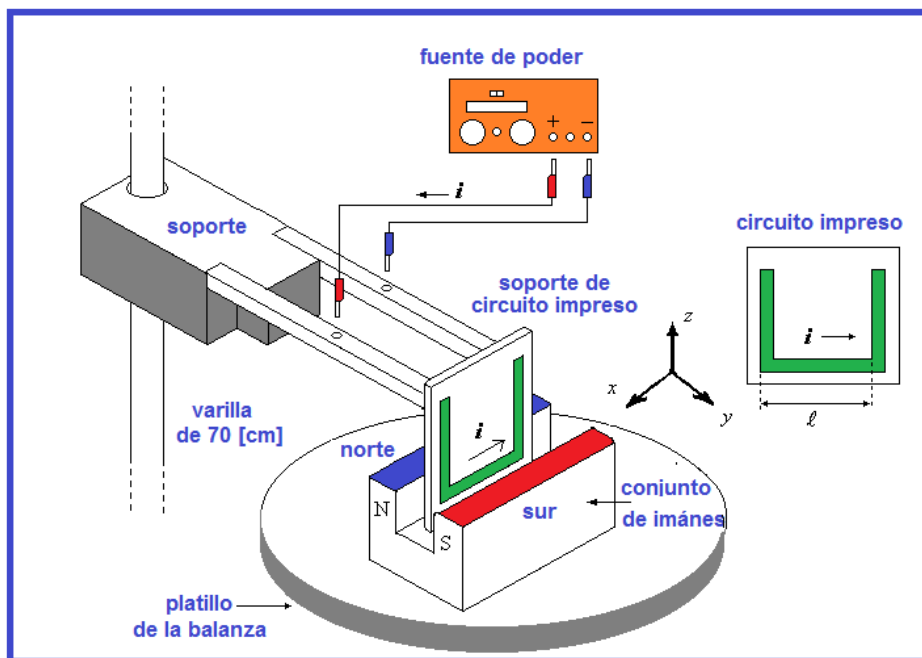



Figura 1. Dispositivo experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	73/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 6


Registrar el valor de m_0 en la tabla de mediciones, el cual corresponde a $\mathbf{I} = 0$. Con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder, hacer circular una corriente $\mathbf{I}_1 = 0.5$ [A] y registrar el valor de la masa m_1 del imán indicado por la balanza.

Continuar con los demás valores de corriente \mathbf{I} , tomando en cada caso la lectura de la masa del imán. Vigilar que 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 verticalmente.

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

donde

- m_0 = masa real de los imanes
- m_i = masa leída, $1 \leq i \leq 5$
- Δm = variaciones aparentes de la masa del imán.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	74/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 7


Completar el llenado de la siguiente tabla las fuerzas de origen magnético que actúa sobre el imán debido a la corriente eléctrica que circula por el conductor recto del circuito impreso.

Recordar que mediante la aplicación de 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.

I [A]	$F_m = (\Delta m \cdot g)$ [N]
0	
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	

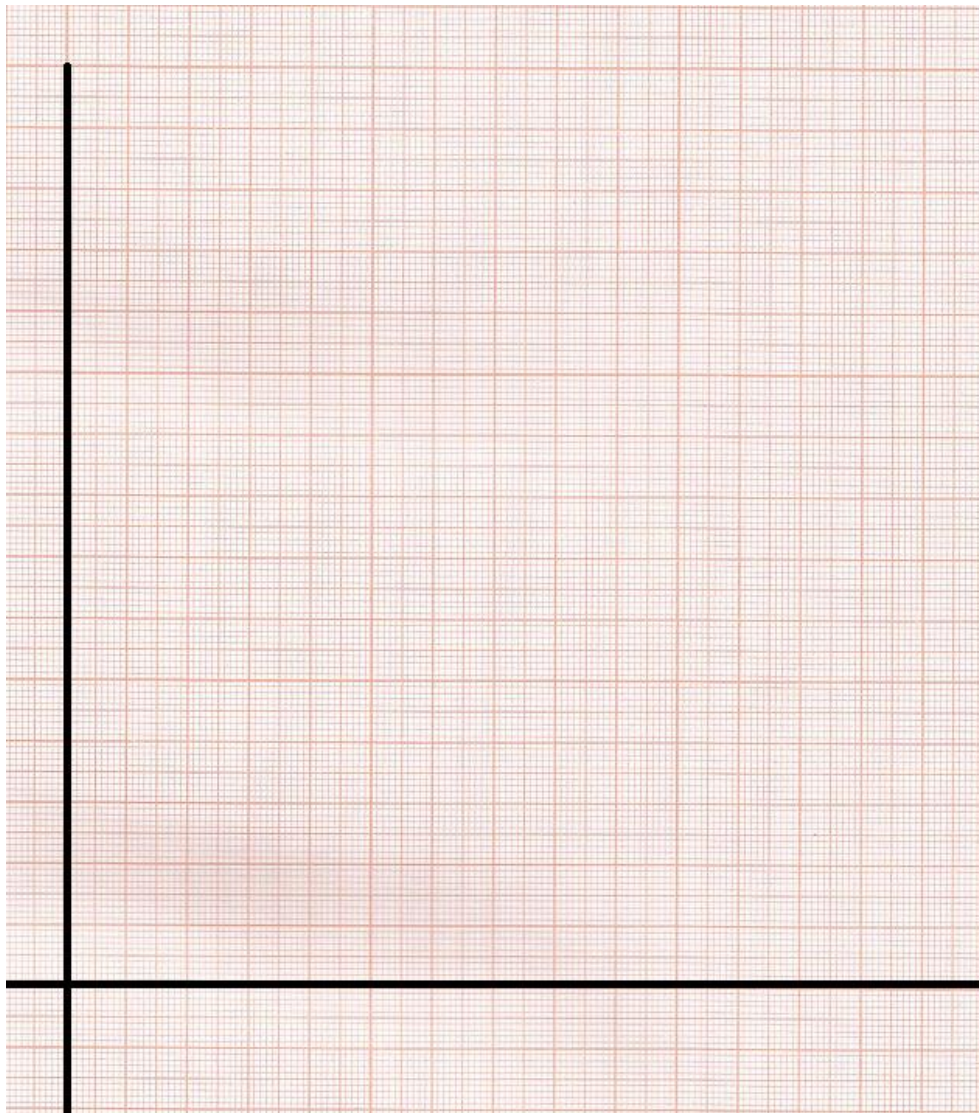
donde:

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


	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	75/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 8

Trazar la gráfica del módulo de la fuerza magnética, $|\vec{F}_m|$, en función de la corriente eléctrica, I , con los datos de la tabla anterior.



pendiente (m) = _____ [] ordenada (b) = _____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	76/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 9


Obtener el modelo matemático del módulo de la fuerza magnética $|\vec{F}_m|$, en función de la corriente eléctrica, I , en el conductor.

pendiente (m) = _____ [] ordenada (b) = _____ []

Actividad 10

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


campo magnético medido (B) = _____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	77/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

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

6. Conclusiones

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	78/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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.

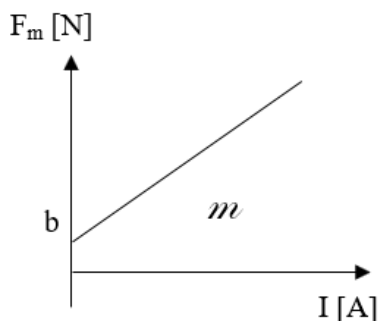
8. Anexo

Expresiones matemáticas necesarias

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


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

Modelo gráfico



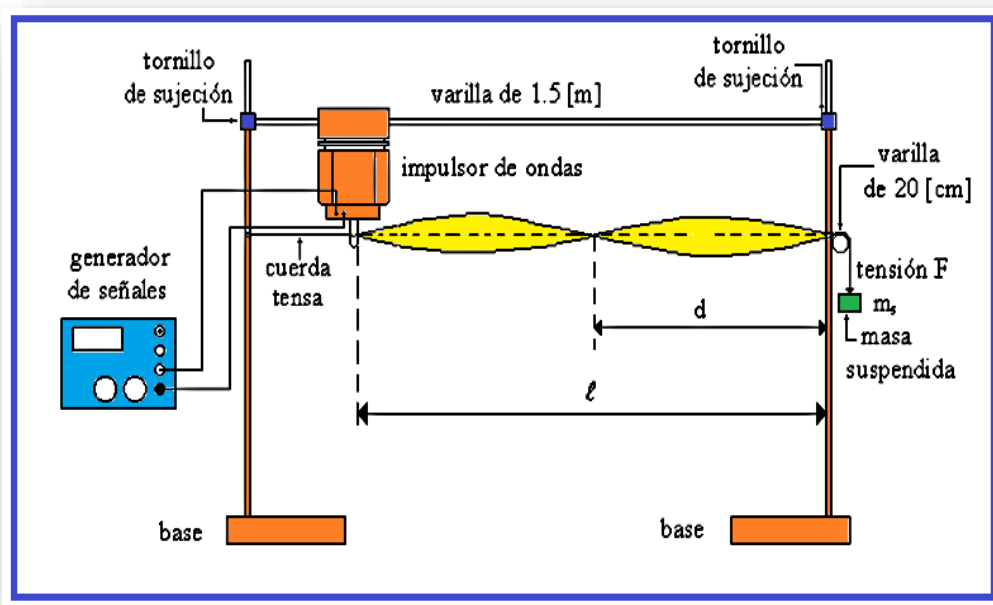
Modelo matemático


$$F_m \text{ [N]} = m \text{ [N/A]} I \text{ [A]} + b \text{ [N]}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	79/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 9

Movimiento ondulatorio




	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	80/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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 (τ), la amplitud (**A**), la frecuencia (**f**) y la longitud de onda (λ) 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 (λ) en función de la frecuencia (**f**) y de la longitud de onda (λ) en función del periodo (τ).
- Obtener el modelo matemático de la longitud de onda (λ) en función del periodo (τ) en el movimiento ondulatorio observado.
- Determinar la rapidez de propagación (**v**), de las ondas en una cuerda con una tensión (**F**) aplicada.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	81/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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 granataria
 impulsor de ondas
 tres tornillos de sujeción
 cuerda de longitud ≥ 2 [m]
 masa de 100 [g]
 dos masas de 50 [g]
 flexómetro

Equipo para el profesor


generador de señales
 lámpara de luz estroboscópica
 osciloscopio
 conector BNC
 dos cables largos

4. Desarrollo de las actividades

Actividad 1

Registrar las características estáticas del siguiente instrumento de medición.

Instrumento	Rango	Resolución	Legibilidad
balanza granataria			

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	82/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2

Armar el dispositivo experimental mostrado en la figura 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*).

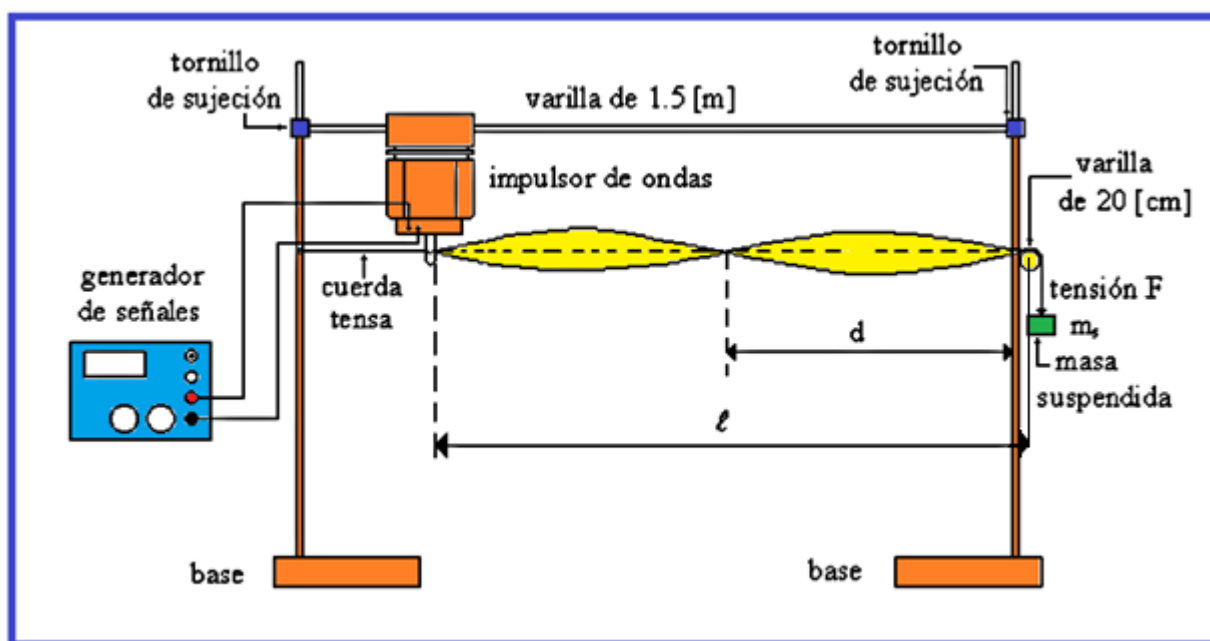



Figura 1. Dispositivo experimental.

Actividad 3

Colocar la varilla de 1.5 [m] a una altura mayor que 40 [cm] de la mesa y se sugiere que la longitud ℓ mostrada sea de un metro, con lo cual la distancia entre las varillas verticales se podrá fijar en aproximadamente 1.10 [m]. Medir la masa de la cuerda así como su longitud.

masa de la cuerda: _____ [] longitud de la cuerda: _____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	83/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 4

Sujetar 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. Colgar las masas proporcionadas y el valor total de éstas será la masa suspendida ($m_{\text{suspendida}}$), la cual originará la tensión (F) en la cuerda.

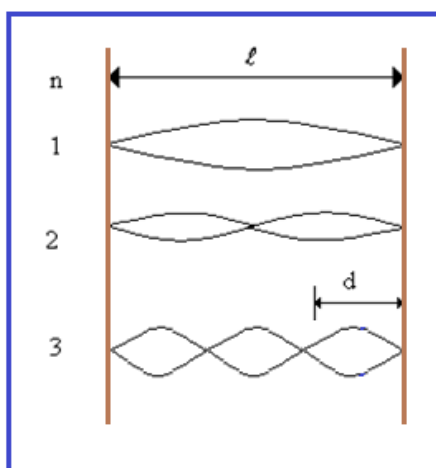
masa suspendida ($m_{\text{suspendida}}$): _____ [] tensión en la cuerda (F): _____ []

Actividad 5

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

Con giros suaves aumentar 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 ℓ (media onda) entre los dos nodos, siendo éstos los puntos inmóviles de la cuerda, ver figura 2.

Aumentar la amplitud de la señal del generador para observar mejor el modo de vibración de la cuerda y registrar el valor de la frecuencia en la tabla de la actividad 6.




donde:

n : número de modos de vibración

ℓ : distancia entre apoyos

d : distancia entre nodos


Figura 2. Modos de vibración (n) de ondas estacionarias.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	84/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 6

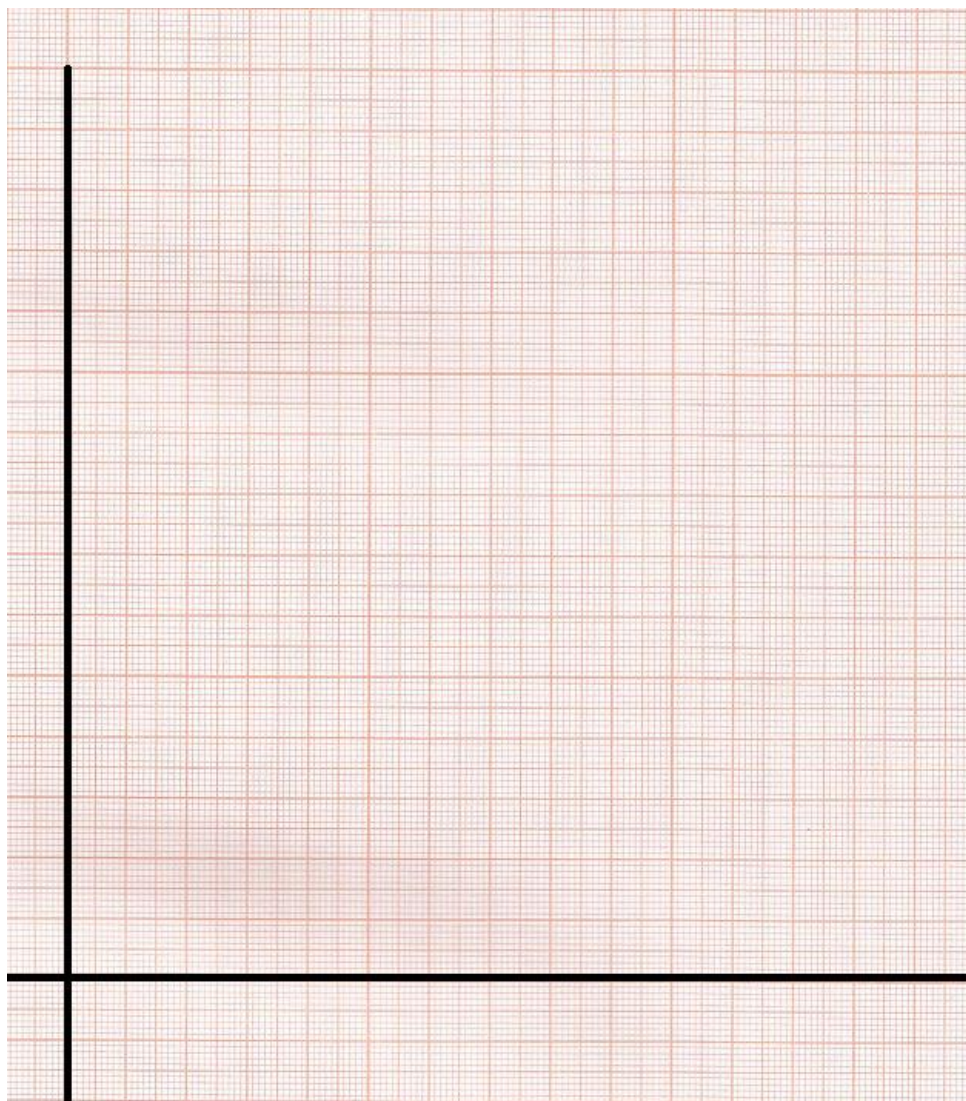
Aumentar lenta y suavemente la frecuencia hasta encontrar el segundo modo de vibración (**n = 2**), registrar el valor de la frecuencia y la distancia (**d**) entre dos nodos consecutivos. Repetir el procedimiento hasta el modo de vibración 6. Determine el valor de λ [m], observando que $\lambda = 2d$. A partir de los valores de frecuencia registrados determine el período para cada modo de vibración.

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


	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	85/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 7

Dibujar los modelos gráficos de la longitud de onda en función de la frecuencia: $\lambda = f(f)$ y de la longitud de onda en función del período: $\lambda = f(\tau)$



pendiente (m) = _____ [] ordenada (b) = _____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	86/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 8

Obtener el modelo matemático de la longitud de onda en función del período: $\lambda = f(\tau)$ del movimiento ondulatorio observado.

Actividad 9 (para el profesor)

Conectar la salida del generador de señales (bornes rojo y negro) a uno de los canales de medición del osciloscopio (figura 3).

Observar las formas de ondas disponibles en el generador y efectuar las mediciones del período (τ) y amplitud (**A**) de una onda sinusoidal de frecuencia 1000 [Hz].

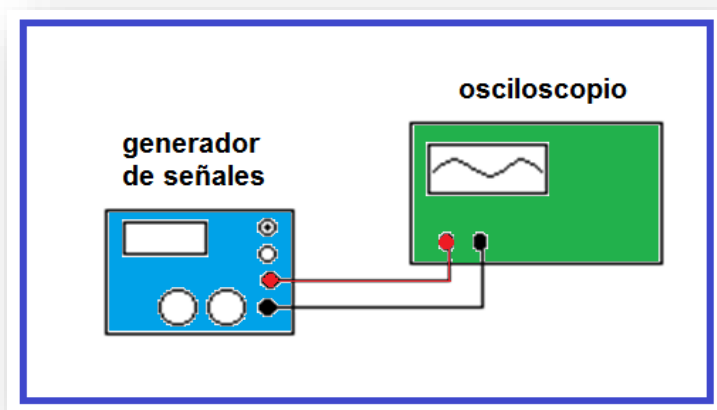


Figura 3. Generador de señales y osciloscopio.


período (τ): _____ []

amplitud (**A**): _____ []

Variar la amplitud de la onda en el generador, observar este efecto en la pantalla y medir la amplitud mínima y máxima que podemos obtener del generador de señales.

amplitud máxima (**A**_{máxima}): _____ []


amplitud mínima (**A**_{mínima}): _____ []

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	87/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Cuestionario

1. ¿Qué tipo de curva resulta la gráfica longitud de onda (λ) en función de la frecuencia (f)?
2. ¿Cuál es el modelo matemático obtenido de la longitud de onda (λ) en función del período (τ)?
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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	88/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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.

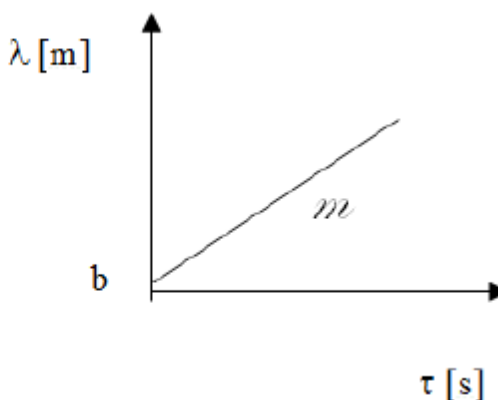
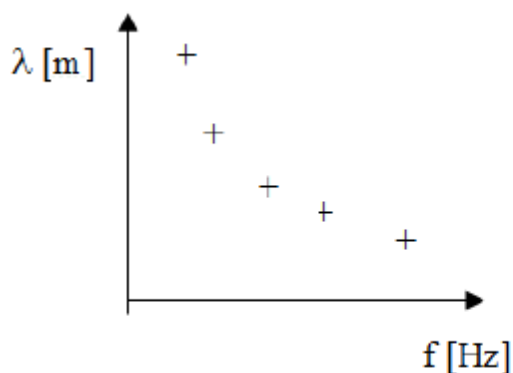
8. Anexo

Expresiones matemáticas necesarias

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

$$v = f \lambda ; \quad |\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad \mu = \text{densidad lineal de la cuerda;}$$


Modelos gráficos



Modelo matemático

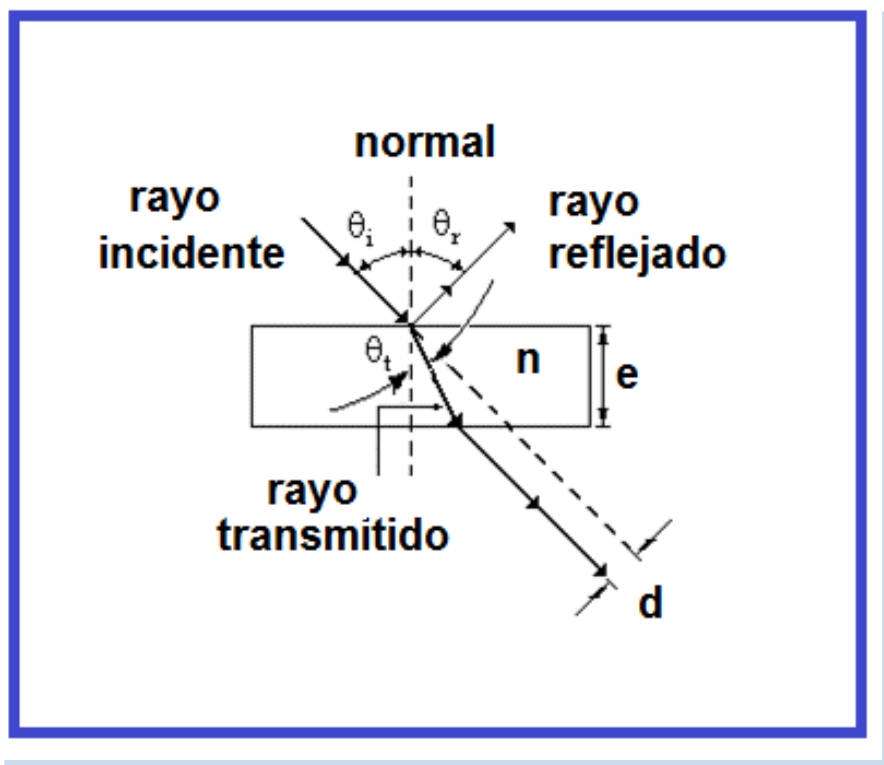
$$\lambda \text{ [m]} = m \text{ [m/s]} \tau \text{ [s]} + b \text{ [m]}, \text{ para } \tau > 0$$


$$m = \frac{d\lambda}{d\tau}$$

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	89/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 10

Reflexión y refracción (transmisión) de la luz




	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	90/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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 θ_r en función del ángulo de incidencia θ_i de un rayo de luz.
- Determinar los valores de los ángulos de transmisión θ_t , a través de las mediciones de los ángulos de incidencia θ_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** θ_t en función del seno del ángulo de incidencia **sen** θ_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.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	91/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Material y equipo

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

4. Desarrollo de las actividades

Experimento 1. Reflexión de la luz

Actividad 1

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 algún compañero del grupo.

Colocar sobre el banco óptico, a 20 [cm] aproximadamente de la fuente de láser, el transportador angular y alinearlos longitudinalmente con el banco, en la dirección 0° y 180° (ver figura 1).

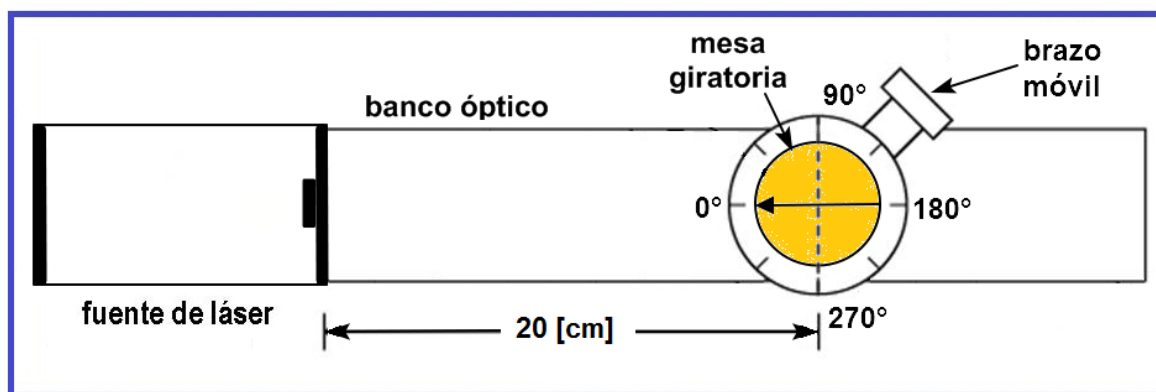



Figura 1. Dispositivo experimental.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	92/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2

Colocar sobre la mesa giratoria, del transportador angular, el portacomponentes especial (el de menor altura) con el espejo plano adherido. Hacer coincidir la línea de dirección 90° y 270° con el plano del espejo, a su vez quedando de frente al láser, como se muestra en la figura 2.

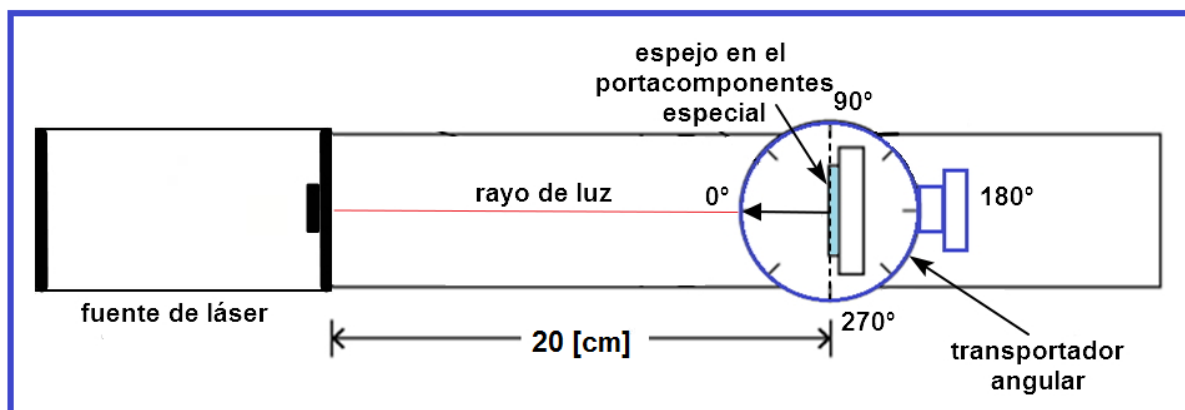


Figura 2. Colocación del espejo en el portacomponentes especial.


Actividad 3

Encender la fuente de láser y verificar el alineamiento del transportador angular y del espejo; como el rayo de luz incide sobre el espejo con un ángulo de cero grados, determinar 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.

Actividad 4

Girar 10° la mesa móvil del transportador, de manera que ahora el ángulo de incidencia θ_i sea de 10° , girar el brazo móvil del transportador angular en el cual colocamos la pantalla con escala milimétrica para localizar el rayo reflejado por el espejo (ver figura 3).

Determinar y registrar el ángulo de reflexión θ_r como se indica en la figura 3.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	93/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

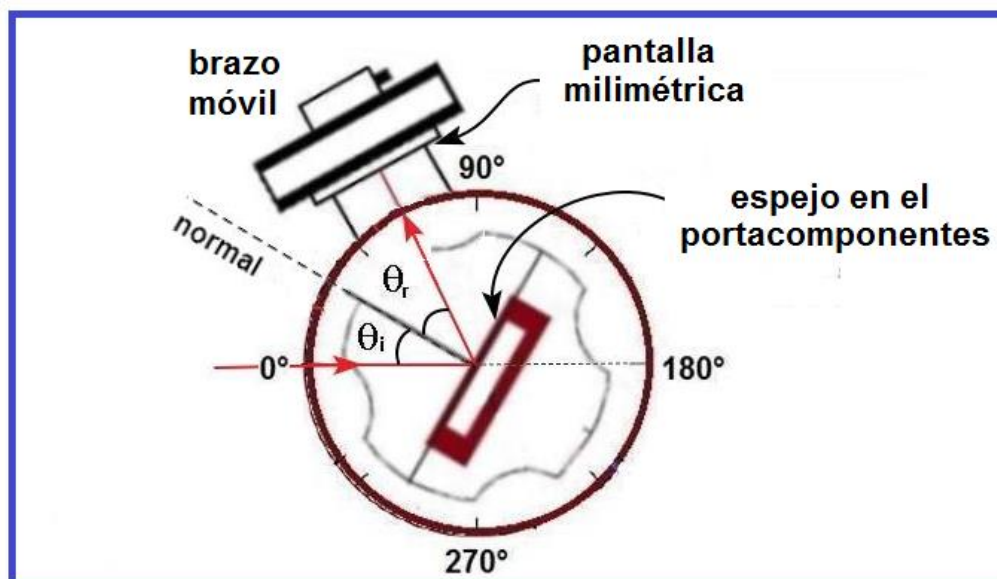



Figura 3. Rayo incidente y rayo reflejado.

Actividad 5

Continuar de la manera descrita anteriormente para cada uno de los ángulos de incidencia indicados en la tabla de mediciones de la reflexión de la luz.

θ_i [°]	θ_r [°]	θ_r [rad]
0		
10		
20		
30		
40		
50		
60		

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	94/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Experimento 2. Transmisión de la luz

Actividad 6

Con la ayuda del calibrador con vernier medir el espesor e del acrílico y registrarlo.

$e =$ _____ [mm]

Actividad 7

Apagar la fuente de láser, retirar del banco óptico el porta-componentes especial con el espejo y colocar 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° y 270° de la mesa giratoria, como se muestra en la figura 4.

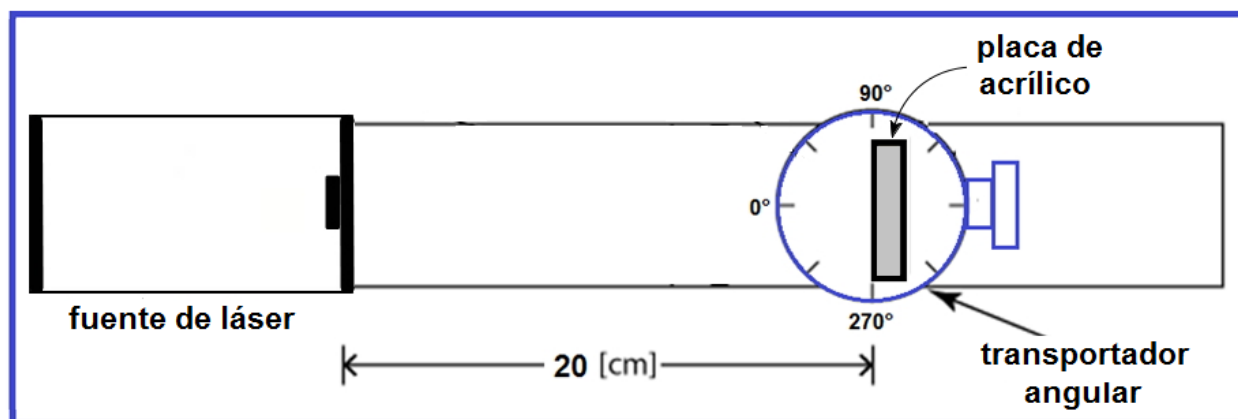



Figura 4. Colocación de la placa de acrílico.

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	95/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 8

Girar el brazo móvil del transportador hasta la dirección 180° ; encender la fuente de láser y centrar 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 5.

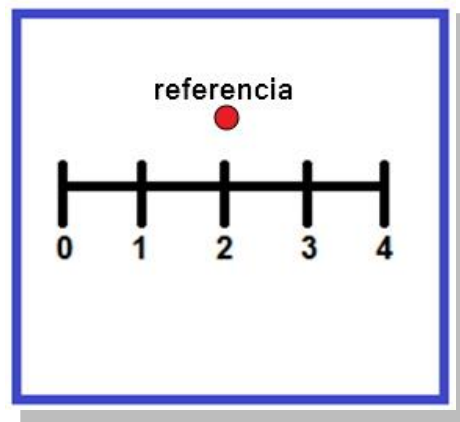


Figura 5. Pantalla con escala milimétrica.

Actividad 9

Girar la mesa del transportador angular, de tal forma que el ángulo de incidencia sobre el acrílico sea 10° ; medir la desviación lateral d que corresponde a dicho ángulo haciendo una estimación lo más exacta posible, como se muestra en la figura 6.

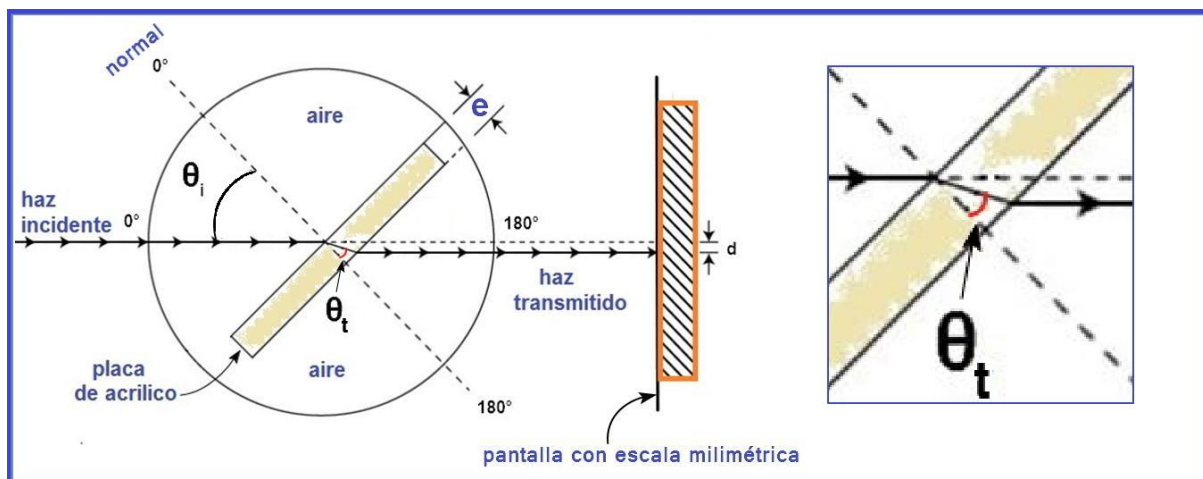



Figura 6. Medición de la desviación lateral d .

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	96/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


Actividad 10

Proceder como la actividad anterior para cada ángulo de incidencia registrando la desviación lateral **d** correspondiente en la tabla siguiente.

θ_i [°]	d [mm]	d/e [1]	sen θ_i	cos θ_i	tan θ_t	θ_t [°]	sen θ_t
0							
10							
15							
20							
25							
30							
35							

Actividad 11


Considerando como abscisas (variable independiente) los valores de **sen θ_i** y como ordenadas (variable dependiente) los valores de **sen θ_t** , dibuje el modelo gráfico y obtenga el modelo matemático de **sen $\theta_t = f(\text{sen } \theta_i)$** .

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	97/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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 **sen θ_t** en función del **sen θ_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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	98/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
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.

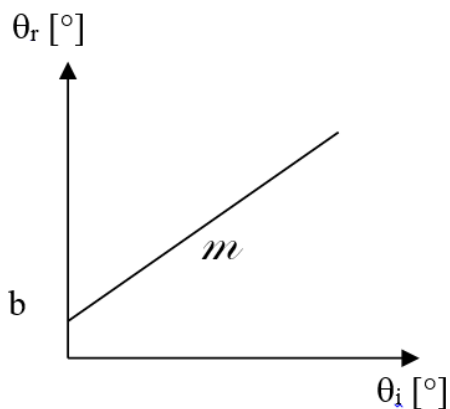
8. Anexo

Expresiones matemáticas necesarias

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


Modelo gráfico

Reflexión de la Luz



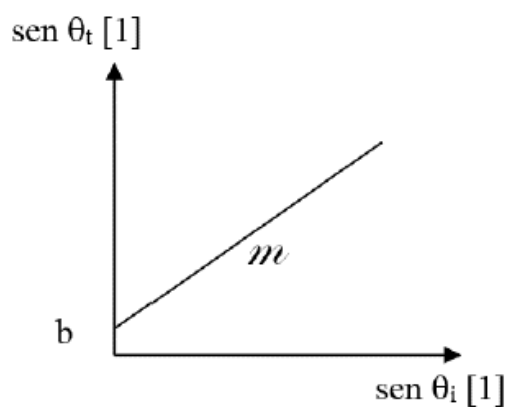
Modelo matemático

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

	Manual de prácticas del Laboratorio de Física	Código:	MADO-07
		Versión:	02
		Página	99/99
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	4 de agosto de 2017
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Modelo gráfico

Transmisión de la Luz



Modelo matemático

$$\text{sen } \theta_t [1] = m [1] \text{ sen } \theta_i [1] + b [1]$$