
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	1/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# **Manual de Prácticas Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)**


<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Autorizado por:</b>	<b>Vigente desde:</b>
M en E. Elizabeth Aguirre Maldonado M en I. Rigel Gámez Leal Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales M en A. M. del Carmen Maldonado Susano Q. Antonia del Carmen Pérez León Q. Esther Flores Cruz M en I. Juan Carlos Cedeño Vázquez M en I. Mayverena Jurado Pineda M en I. Carlos Alberto Pineda Figueroa	M en A. M. del Carmen Maldonado Susano Q. Antonia del Carmen Pérez León Q. Esther Flores Cruz M en I. Juan Carlos Cedeño Vázquez Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales M en I. Rigel Gámez Leal M en I. Mayverena Jurado Pineda M en I. Carlos Alberto Pineda Figueroa	Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales	Fecha 18 de septiembre de 2020

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	2/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


# Contenido

## Páginas

Práctica 1. Caracterización de un voltímetro analógico .....	3
Práctica 2. Caracterización de un dinamómetro .....	12
Práctica 3. Propiedades de las sustancias .....	21
Práctica 4. Gradiente de presión .....	30
Práctica 5. Algunas propiedades térmicas del agua .....	41
Práctica 6. Leyes de la Termodinámica.....	52
Práctica 7. Movimiento ondulatorio.....	63

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	3/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 1. Caracterización de un voltímetro analógico


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	4/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Objetivos de aprendizaje

- Determinar el rango, la resolución y la legibilidad de un voltímetro analógico (características estáticas).
- Calcular la precisión y la exactitud de un voltímetro analógico 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 analógico bajo estudio.
- Determinar la sensibilidad y el error de calibración de un voltímetro analógico.

## 2. Material y equipo

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	5/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1


Analice el voltímetro analógico por caracterizar, registre marca y modelo, e identifique sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad.



Figura 1.1. Voltímetro.

Tabla1.1

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	6/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Escuche con atención la explicación de su profesor acerca del circuito mostrado en la figura 1.2

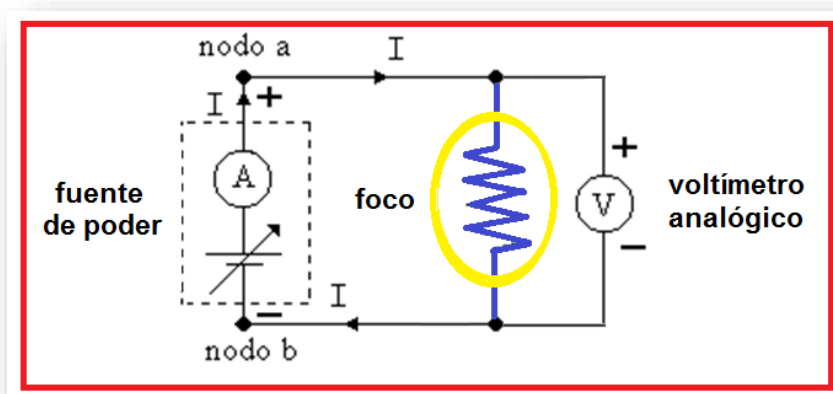
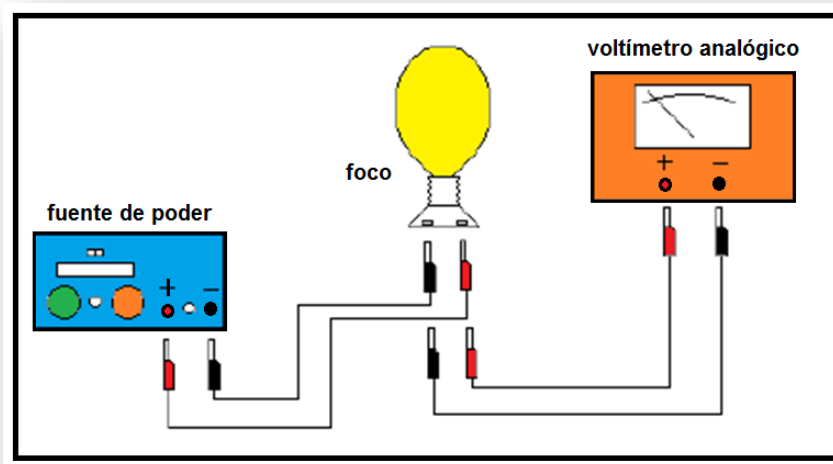



Figura 1.2. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	7/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3


Calcule el valor leído promedio, la desviación estándar e incertidumbre para cada valor patrón utilizado y complete la tabla 1.2.

**Tabla 1.2**

$V_P$ [V]	$V_{L1}$ [V]	$V_{L2}$ [V]	$V_{L3}$ [V]	$\overline{V_L}$ [V]	$S_V$ [V]	$\overline{V_L} \pm \Delta V$ [V]
0						
5						
10						
15						
20						
25						

### Nomenclatura:

$V_P$	valor patrón.
$\overline{V_L}$	valor leído promedio.
$\Delta V$	incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.
$\overline{V_L} \pm \Delta V$	valor más representativo con su incertidumbre.
$S_V$	desviación estándar.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	8/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

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

**Tabla 1.3**

$V_P$ [V]	$\overline{V_L}$ [V]	% EE	% E	% EP	% P
0					
5					
10					
15					
20					
25					


### 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.
$\Delta V$	incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.
$\overline{V_L} \pm \Delta V$	valor más representativo con su incertidumbre.

## Actividad 5

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




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	9/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Cuestionario

1. Realice la gráfica del porcentaje de error de exactitud en función del valor patrón e indique ¿para qué valor patrón el voltímetro presenta menor error de exactitud?
2. Realice la gráfica del porcentaje de error de precisión en función del valor patrón e indique ¿para qué valor patrón el voltímetro presenta menor error de precisión?
3. Realice la gráfica de la curva de calibración; tome al valor patrón 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.

## 5. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	10/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Referencias

Gutiérrez A. C. (2006). *Introducción a la metodología experimental* (2a ed.). México, Limusa Noriega.

Young H. D. y Freedman R. A. (2014). *Sears y Zemansky Física universitaria con Física moderna* (13a ed.). México, Editorial Pearson.

## 7. Anexo

### Expresiones matemáticas

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

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


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

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

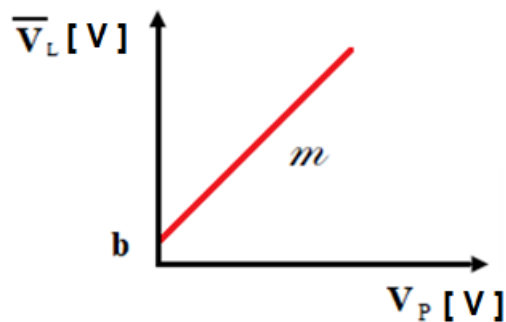
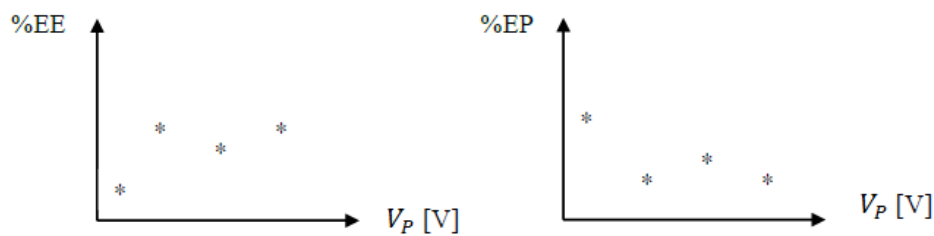
$$[\Delta V]_u = [S_{mV}]_u = [S_V]_u$$

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

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


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	11/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Modelos gráficos




## Modelo matemático

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	12/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 2. Caracterización de un dinamómetro


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	13/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Objetivos de aprendizaje

- Determinar las características estáticas de un dinamómetro.
- Determinar el error de exactitud (**%EE**) y el porcentaje de exactitud (**%E**) de un dinamómetro para cada valor patrón.
- Determinar el error de precisión (**%EP**) y el porcentaje de precisión (**%P**) de un 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.

## 2. Material y equipo

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	14/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1


Analice el dinamómetro por caracterizar e identifique sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad. Llene la tabla 2.1.



Figura 2.1. Dinamómetro

Tabla 2.1

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	15/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Escuche con atención la explicación de su profesor acerca del dinamómetro mostrado en la figura 2.2.

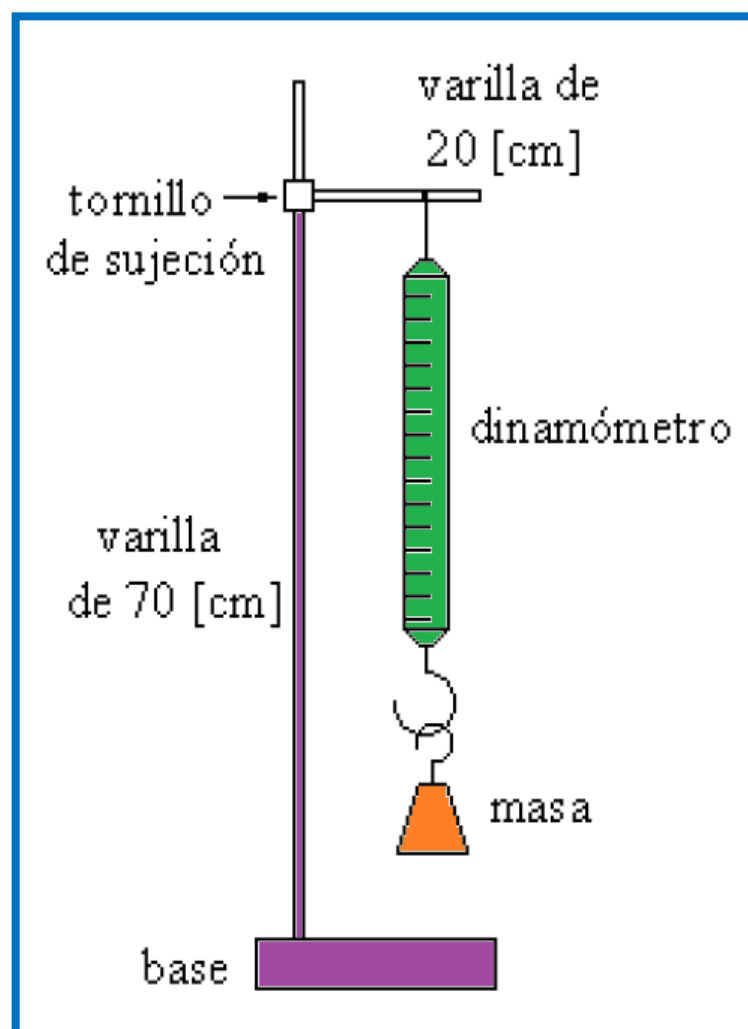



Figura 2.2. Dispositivo experimental.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	16/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 3

Para cada masa patrón ( $m_P$ ) calcule el peso patrón ( $W_P$ ), aplicando la segunda ley de Newton ( $W_P = m_P \cdot g$ ) con el valor de la aceleración gravitatoria local de  $g=9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . Complete la siguiente tabla.

**Tabla 2.2**

$m_P$ [g]	$m_P$ [kg]	$W_P$ [N]	$W_{L1}$ [N]	$W_{L2}$ [N]	$W_{L3}$ [N]	$\bar{W}_L$ [N]	$\bar{W}_L \pm \Delta W$ [N]
50							
100							
150							
200							
250							
300							
350							



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	17/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Llene la tabla 2.3 con los cálculos necesarios.

**Tabla 2.3**


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

### Nomenclatura:

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

## Actividad 5


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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	18/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Cuestionario

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

## 5. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	19/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Referencia

Young H. D. y Freedman R. A. (2014). *Sears y Zemansky Física universitaria con Física moderna* (13a ed.). México, Editorial Pearson.

Velásquez M. A. (2020) “Caracterización de un dinamómetro analógico”, tomado de youtube  
[https://youtu.be/x\\_Ytx5JHFKs?list=PLnsqUi9vdSGBFjMzW3sgg6sTDiJldENJK](https://youtu.be/x_Ytx5JHFKs?list=PLnsqUi9vdSGBFjMzW3sgg6sTDiJldENJK)

## 7. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$W_P = m_P (g_{CDMX}), \quad \text{en la cual } g_{CDMX} = 9.78 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$


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

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

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

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

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

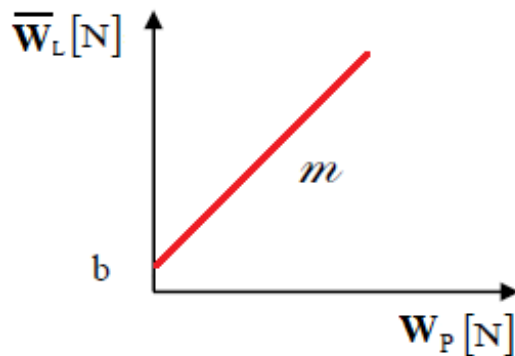
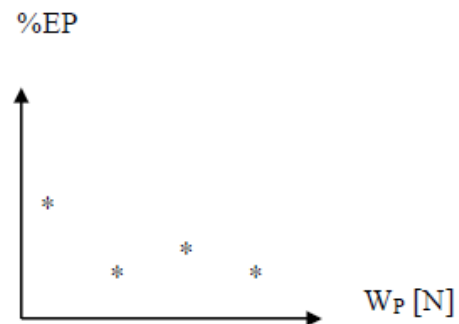
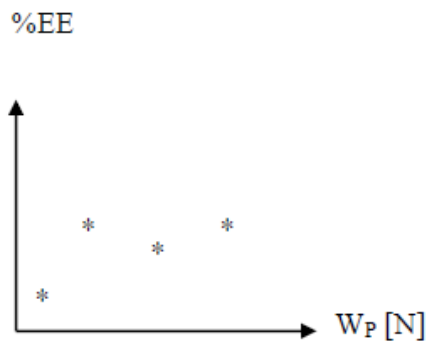
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	20/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

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

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


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

### Modelos gráficos




### Modelo matemático

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	21/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 3. Propiedades de las sustancias

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	22/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 1. Objetivos de aprendizaje

- Determinar algunas propiedades de las sustancias en fase sólida.
- 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.

## 2. Herramienta Digital

Para esta práctica se hará uso del simulador de densidad.

<http://www.educaplus.org/game/laboratorio-de-densidad>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	23/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Identifique las características estáticas de una balanza analógica y llene la tabla 3.1.

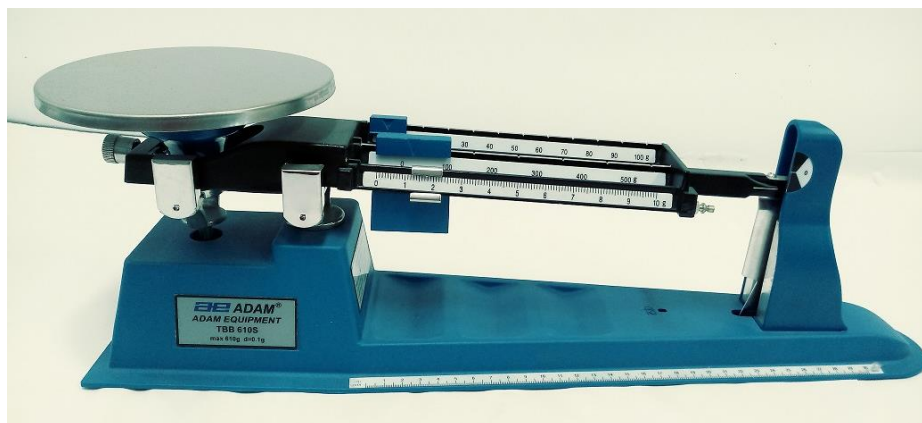



Figura 3.1 Balanza analógica

Tabla 3.1

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	24/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Observe la pantalla del simulador, tome un objeto de la repisa, mida su masa con la balanza y después sumérjalo en la probeta para medir su volumen.

Después tome el mismo objeto y colóquelo dentro del recipiente cilíndrico y observe si flota o se hunde.

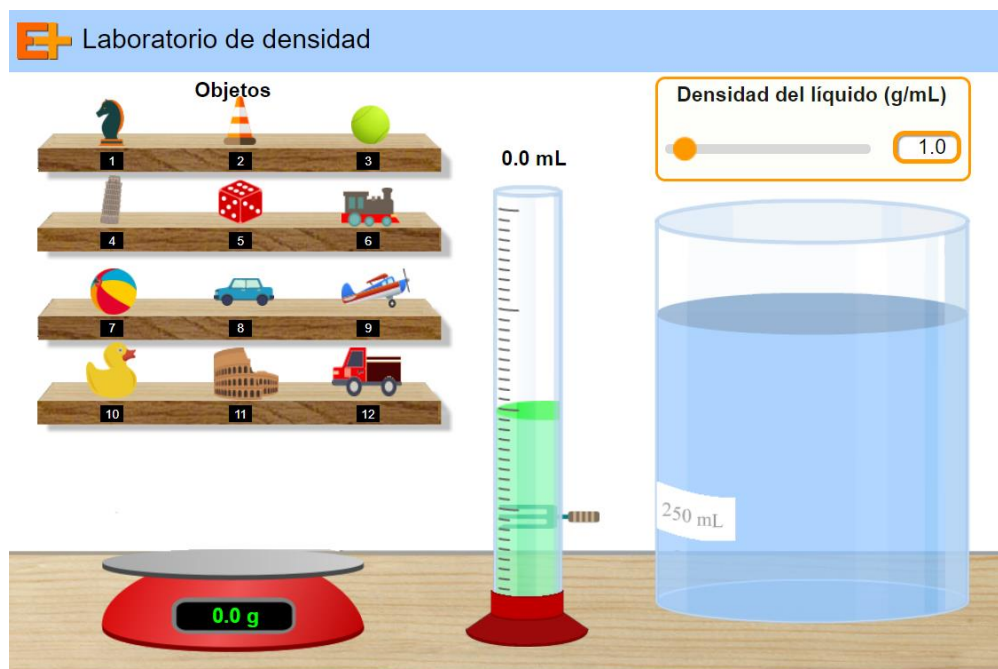



Figura 3.2. Pantalla del Simulador 1 de densidad.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	25/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mida la masa del objeto seleccionado, después sumérjalo en la probeta para obtener su volumen. Al final sumérjalo en el recipiente cilíndrico de la derecha y observe si flota o se hunde. Registre sus datos obtenidos y calcule lo necesario en la tabla 3.2.


**Tabla 3.2**

Objeto	m [g]	m [kg]	V [mL]	V [m <sup>3</sup> ]	W [N]	Flota o se hunde
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
	masa [kg]		volumen [m <sup>3</sup> ]		peso [N]	
vectorial o escalar						
intensiva o extensiva						

**Nota:**

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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	26/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4

Llene la tabla 3.3 e indique si son propiedades intensivas o extensivas; así como si se trata de cantidades físicas escalares o vectoriales.

**Tabla 3.3**


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

#### Actividad 5

Llene la tabla 3.4 con el empleo de las expresiones matemáticas proporcionadas en el anexo.

**Tabla 3.4**

Objeto	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [1]	$\gamma$ [N/m <sup>3</sup> ]	$\nu$ [m <sup>3</sup> /kg]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	27/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Nomenclatura:

**m** masa [kg].

**W** peso [N].

**V** volumen [ $\text{m}^3$ ].


**v** Volumen específico [ $\text{m}^3 / \text{kg}$ ].

**$\rho$**  densidad [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ].

**$\delta$**  densidad relativa [1].

**v** volumen específico [ $\text{m}^3/ \text{kg}$ ].


**$\gamma$**  peso específico [ $\text{N}/ \text{m}^3$ ].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	28/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. 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. Explique, en función de las densidades, ¿por qué algunos objetos se hunden y otros no (ver tabla 3.2)?

## 5. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	29/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Referencias

Young H. D. y Freedman R. A. (2014). *Sears y Zemansky Física universitaria con Física moderna* (13a ed.). México, Editorial Pearson.

Educaplus (24 de junio de 2020). *Laboratorio de densidad*. Obtenido de Educaplus: <http://www.educaplus.org/game/laboratorio-de-densidad>

## 7. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

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


$$\vec{g} = -9.78\hat{k} \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

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


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

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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	30/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 4. Gradiente de presión

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	31/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 1. Objetivos de aprendizaje

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

## 2. Herramienta Digital

Para esta práctica se hará uso del siguiente simulador de presión.

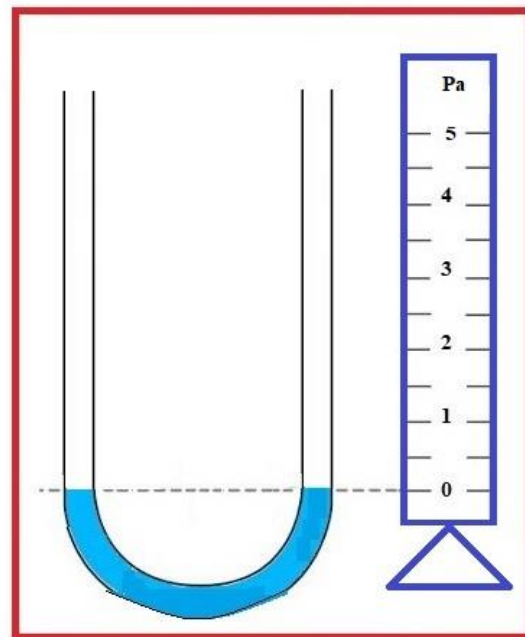
[https://www.walter-fendt.de/html5/phes/hydrostaticpressure\\_es.htm](https://www.walter-fendt.de/html5/phes/hydrostaticpressure_es.htm)

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	32/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Identifique las características estáticas del siguiente manómetro diferencial y llene la tabla 4.1.




Marca: MAKASU  
Modelo: 111

Figura 4.1 Manómetro diferencial.

Tabla 4.1

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	33/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Observe la pantalla del simulador, se muestra un manómetro diferencial en forma de “U”.

Escoja como líquido agua, seleccione el manómetro diferencial con el cursor y muévelo hacia arriba o hacia abajo para poder variar la profundidad.

Seleccione otro líquido y repita el procedimiento.

Observe que las unidades de la presión manométrica están en “hPa”.

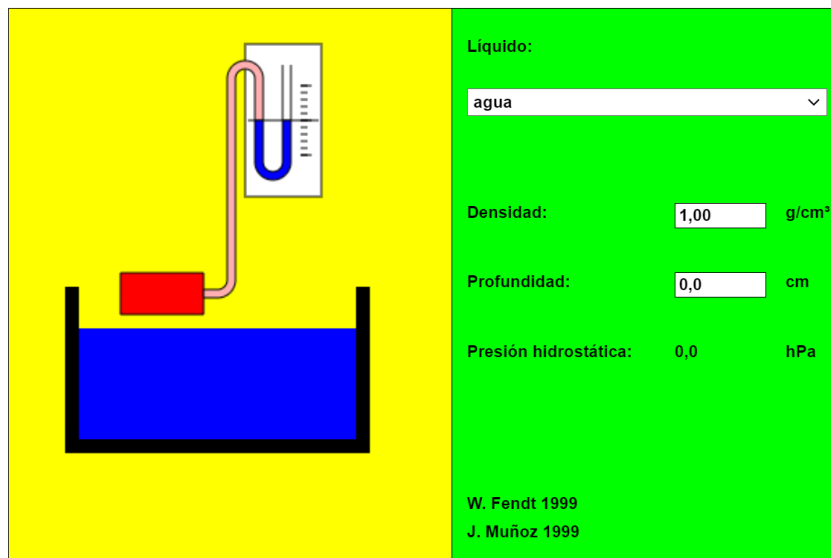



Figura 4.2. Pantalla del simulador de presión.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	34/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Seleccione como líquido: “**agua**”: Varíe la profundidad **y** y mida la presión **P** correspondiente. Complete la tabla 4.2.

**Tabla 4.2**


Lectura	y [cm]	y [m]	P [hPa] *
1	1.0		
2	1.5		
3	2.0		
4	2.5		
5	3.0		
6	3.5		
7	4.0		
8	4.5		
9	5.0		

### Nomenclatura

\* h: hecto es el prefijo para 100.

### Actividad 4

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos de la presión manométrica en función de la profundidad **del agua** en reposo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	35/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5

Obtenga el modelo matemático de la presión manométrica en función de la profundidad del agua en reposo.

### Actividad 6


Realice el modelo gráfico de la presión manométrica en función de la profundidad del agua en reposo.

### Actividad 7

Seleccione como líquido “**mercurio**”. Varíe la profundidad **y** y mida la presión **P** correspondiente. Llene la tabla 4.3.  
Recuerde que **h** es el prefijo para hecto.

**Tabla 4.3**

Lectura	y [cm]	y [m]	P [hPa]
1	1.0		
2	1.5		
3	2.0		
4	2.5		
5	3.0		
6	3.5		
7	4.0		
8	4.5		
9	5.0		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	36/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 8

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos de la presión manométrica en función de la profundidad **del mercurio** en reposo.

### Actividad 9

Obtenga el modelo matemático de la presión manométrica en función de la profundidad del **mercurio** en reposo.

### Actividad 10


Realice el modelo gráfico de la presión manométrica en función de la profundidad del **mercurio** en reposo.

### Actividad 11

Determine de ambos modelos el valor de la magnitud del peso específico y el valor de la densidad del fluido, con sus respectivas unidades en el SI. Llene la tabla 4.4.

**Tabla 4.4**

Fluido	Peso específico	Densidad
Agua		
Mercurio		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	37/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 12

Con la ayuda de la explicación del profesor y de la gráfica siguiente, identifique dos aplicaciones cotidianas de la presión manométrica y de la presión vacuométrica.

Recuerde que la presión atmosférica a nivel del mar es de 101 325 [Pa] y en la Ciudad de México de 77 400 [Pa] aproximadamente.

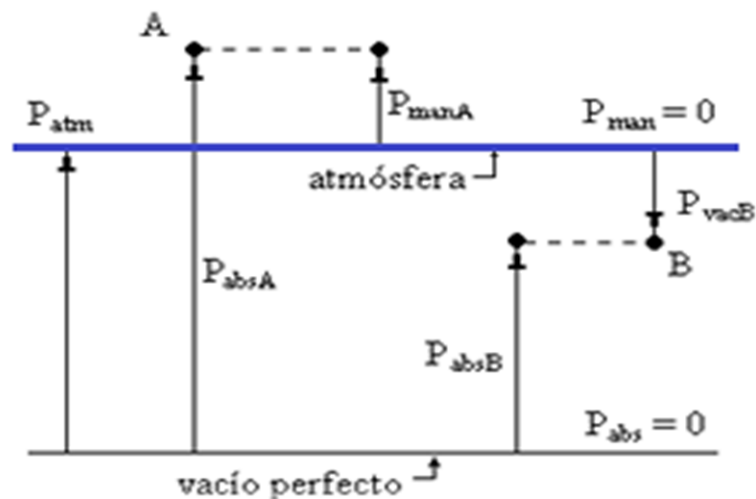




Figura 4.3. Presión manométrica, presión vacuométrica y presión absoluta.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	38/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Cuestionario

1. ¿Cuál es el modelo matemático de la presión manométrica  $P_{\text{man}}$  en función de la profundidad obtenido?
2. Con base en la actividad 12, escriba la ecuación que relaciona a las presiones absoluta, manométrica y atmosférica, en un punto dentro de un fluido en reposo.
3. Con base en la actividad 12, escriba la ecuación que relaciona a las presiones absoluta, vacuométrica y atmosférica, en un punto dentro de un fluido en reposo.
4. ¿Existe alguna relación entre los modelos matemáticos obtenidos y la ecuación del gradiente de presión? Justifique su respuesta.
5. ¿Es la presión una propiedad intensiva? Justifique su respuesta.
6. ¿Es la presión una cantidad física escalar o vectorial? Justifique su respuesta.

## 5. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	39/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Referencias

Young H. D. y Freedman R. A. (2014). *Sears y Zemansky Física universitaria con Física moderna* (13a ed.). México, Editorial Pearson.

Walter-Fendt (25 de junio de 2020) *Hydrostatic Pressure*. Obtenido de Walter-Fendt: [https://www.walter-fendt.de/html5/phes/hydrostaticpressure\\_es.htm](https://www.walter-fendt.de/html5/phes/hydrostaticpressure_es.htm)

## 7. Anexo


### Expresiones matemáticas necesarias

$$P_A - P_B = -\rho |\vec{g}| (z_A - z_B) [Pa]$$

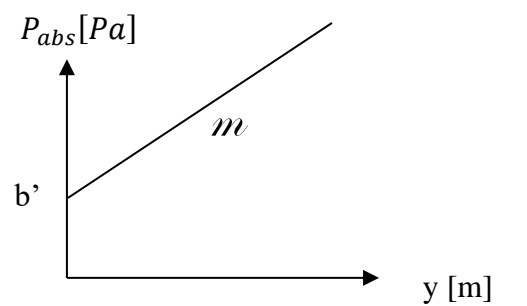
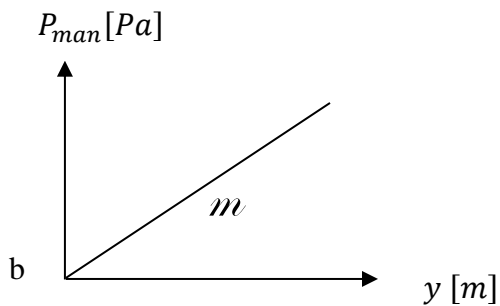
$$|\vec{g}| = 9.78 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	40/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Modelos gráficos



## Modelos matemáticos


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

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


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

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



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	41/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 5. Algunas propiedades térmicas del agua

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	42/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Objetivos de aprendizaje

- Obtener los modelos gráficos de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{\text{sum}}$ ) en función del incremento de temperatura ( $\Delta T$ ), y de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{\text{sum}}$ ) en función de la temperatura ( $T$ ) de la sustancia empleada.
- Obtener los modelos matemáticos de la energía en forma de calor suministrado ( $Q_{\text{sum}}$ ) a una sustancia en función de la temperatura ( $T$ ) y del incremento de temperatura ( $\Delta T$ ) que la sustancia experimenta.
- Calcular la capacidad térmica ( $C$ ) y la capacidad térmica específica ( $c$ ) 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.

## 2. Herramienta digital


Para esta práctica se usarán los siguientes simuladores de curva de calentamiento.

### Simulador 1

<http://labovirtual.blogspot.com/search/label/Curva%20de%20calentamiento>.

### Simulador 2

<http://www.educaplus.org/game/curva-de-calentamiento-del-agua>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	43/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas del cronómetro analógico\* y llene la tabla 5.1.




Figura 5.1 Cronómetro analógico.

**\*Nota:** La aguja de color gris da una vuelta completa en 60 segundos y la aguja de color azul da una vuelta completa en 60 minutos.

Tabla 5.1

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	44/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Observe la pantalla del **simulador 1\***, se muestran tres sustancias como: agua, alcohol y benceno.

Seleccione una masa de agua de 200 [g], con una potencia de 250 [W] y una temperatura inicial de 10 [°C].

Presione el apagador de encendido de color gris que se encuentra ubicado en la parrilla.

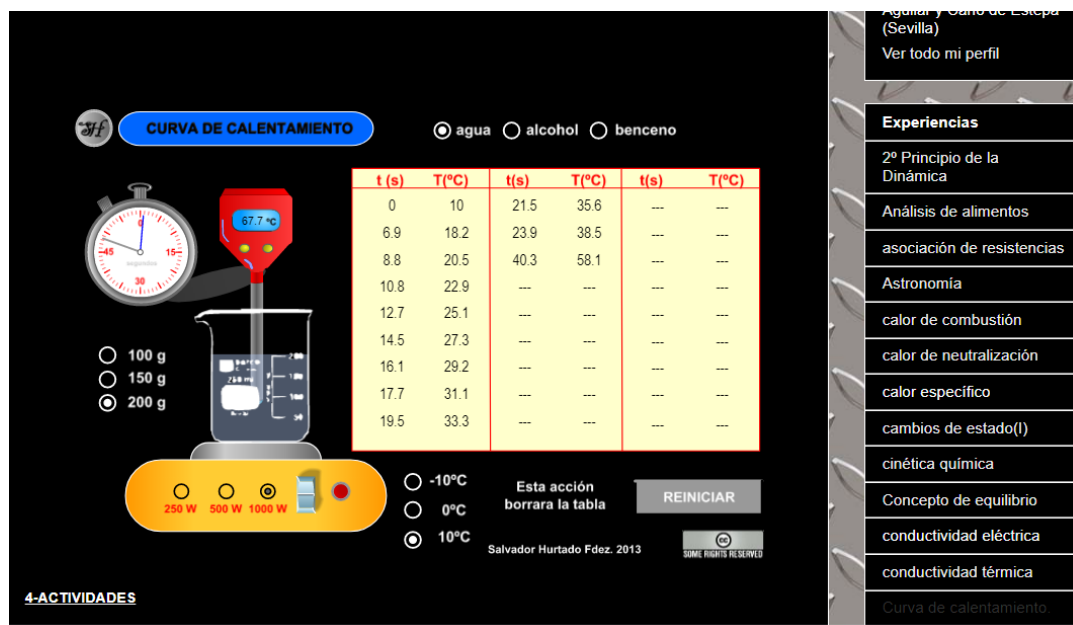
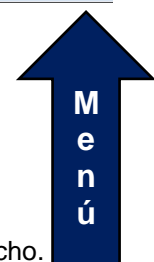



Figura 5.2. Pantalla del simulador de curva de calentamiento.



\*Nota: si el simulador no aparece en la pantalla, puede buscarlo en el menú del lado derecho.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	45/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Mida la temperatura cada 5 [°C] con el termómetro digital y registre el tiempo correspondiente. Presione el botón “**anote datos**” del simulador de curva de calentamiento, para ir guardando sus lecturas. Complete la tabla 5.2.

**Tabla 5.2**


Lectura	T [°C]	t [s]	$Q_{\text{sum.}} = P t$ [J]
1	10		
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

### Actividad 4

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos del calor suministrado en función de la temperatura.

### Actividad 5

Obtenga el modelo matemático del calor suministrado en función de la temperatura.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	46/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Realice el modelo gráfico del calor suministrado en función de la temperatura.

## Actividad 7

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

## Actividad 8


Calcule la energía suministrada en forma de calor  $Q_{\text{sum.}}[\text{J}]$  así como el incremento de temperatura para cada valor de tiempo. Llene la tabla 5.3.

Recuerde que la temperatura inicial es  $T_0 = 10 [^{\circ}\text{C}]$ ,  $\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$  y

$$T_{\text{inicial}} = T_0$$

**Tabla 5.3**

<b>T [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</b>	<b><math>\Delta T [^{\circ}\text{C}]</math></b>	<b>t [s]</b>	<b><math>Q_{\text{sum.}} = P t [\text{J}]</math></b>
<b><math>T_0 = 10</math></b>	<b><math>T_0 - T_0 = 0</math></b>		
<b><math>T_1 = 15</math></b>	<b><math>T_1 - T_0 = 5</math></b>		
<b><math>T_2 = 20</math></b>	<b><math>T_2 - T_0 = 10</math></b>		
<b><math>T_3 = 25</math></b>			
<b><math>T_4 = 30</math></b>			
<b><math>T_5 = 35</math></b>			
<b><math>T_6 = 40</math></b>			
<b><math>T_7 = 45</math></b>			
<b><math>T_8 = 50</math></b>			

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	47/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 9

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos del calor suministrado en función del incremento de la temperatura.

### Actividad 10

Obtenga el modelo matemático del calor suministrado en función del incremento de la temperatura.

### Actividad 11


Realice el modelo gráfico del calor suministrado en función del incremento de la temperatura.

### Actividad 12

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

### Actividad 13

Compare sus resultados de ambos modelos matemáticos. Justifique su respuesta.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	48/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 14

Observe la pantalla del **simulador 2**. Presione el botón “play” y observe en la gráfica las diferentes fases del agua.



Figura 5.3. Pantalla del simulador de curva de calentamiento.


## Actividad 15

Registre en que temperatura existe un cambio de fase de sólido a líquido y de líquido a gas. Considere que estos valores son a nivel del mar. Complete la tabla 5.4.

Tabla 5.4

Cambio de fase	Temperatura	
	[°C]	[ K ]
De sólido a líquido		
De líquido a gas		




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	49/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Cuestionario

1. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}}$  en función del incremento de temperatura  $\Delta T$  para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
2. Escriba el modelo matemático del calor suministrado  $Q_{\text{sum}}$  en función de la temperatura para la masa de agua utilizada, indicando las unidades en el SI para cada término.
3. ¿Cómo son las pendientes y las ordenadas al origen de los modelos matemáticos obtenidos de las actividades 5 y 10 entre sí? y ¿cuáles son sus valores? Justifique sus respuestas.
4. Determinar el porcentaje de exactitud de la capacidad térmica específica del agua líquida obtenida en la simulación realizada, si se sabe que el valor de referencia es  $4186 \text{ [J/kg } ^\circ\text{C]}$ .
5. Investigue ¿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.

## 5. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	50/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Referencias

Young H. D. y Freedman R. A. (2014). *Sears y Zemansky Física universitaria con Física moderna* (13a ed.). México, Editorial Pearson.

Laboratorio virtual (23 de junio 2020). *Curva de calentamiento*. Obtenido de laboratorio virtual:  
<http://labovirtual.blogspot.com/search/label/Curva%20de%20calentamiento>.

Educaplus (23 de junio 2020). *Curva de calentamiento del agua*. Obtenido de Educaplus:  
<http://www.educaplus.org/game/curva-de-calentamiento-del-agua>

## 7. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

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


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

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

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

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

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	51/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

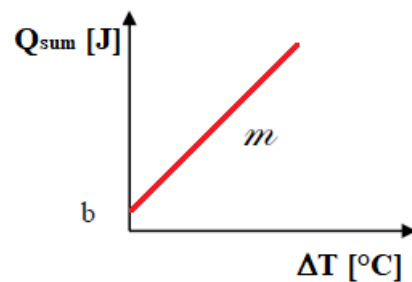
donde:

m: masa [kg]

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


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

### Modelo gráfico




### Modelo matemático

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	52/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 6. Leyes de la Termodinámica

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	53/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Objetivos de aprendizaje

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

## 2. Herramienta digital


Para esta práctica se hará uso de los siguientes simuladores.

### Simulador 1

<https://labovirtual.blogspot.com/search/label/equilibrio%20t%C3%A9rmico>

### Simulador 2

<http://labovirtual.blogspot.com/search/label/calor%20espec%C3%ADfico>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	54/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1

Registre las características estáticas del termómetro analógico\* y llene la tabla 6.1.




Figura 6.1. Termómetro analógico.

Tabla 6.1

Marca	Modelo	Rango	Resolución	Legibilidad

\*Nota: Imagen tomada de:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/analog-thermometer-1046447091.html>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	55/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Observe la pantalla del simulador 1\*. Coloque en el vaso de precipitados de la izquierda 40 mL de agua a una temperatura de 40 [°C].

Coloque en el vaso de precipitados de la derecha 30 mL de agua a una temperatura de 60 [°C].

Después presione el botón “mezclar”.

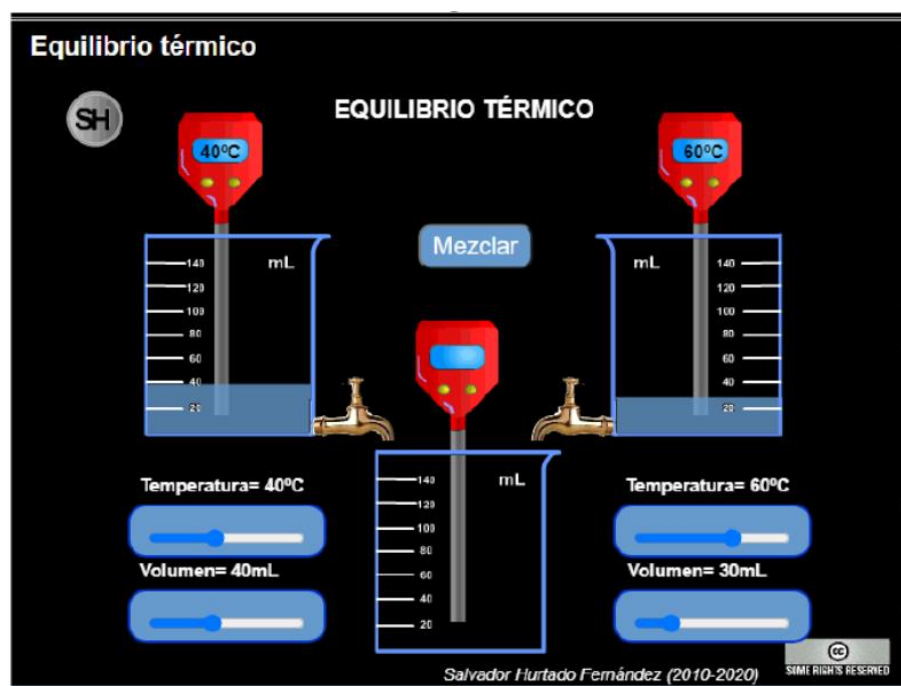



Figura 6.2. Pantalla del simulador de equilibrio térmico.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	56/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3

Registre el volumen de agua contenida en los vasos de precipitados 1 (muestra 1, izquierda) y 2 (muestra 2, derecha) así como sus respectivas conversiones al SI. Llene la tabla 6.2.

**Tabla 6.2**

	Volumen de agua [mL]	Volumen de agua [m <sup>3</sup> ]
muestra 1		
muestra 2		

### Actividad 4

Calcule la masa de agua contenida en cada vaso de precipitados, si se sabe que la densidad del agua es de 1000 [kg/m<sup>3</sup>]. Llene la tabla 6.3

**Tabla 6.3**

	masa de agua [g]	masa de agua [kg]
muestra 1		
muestra 2		


### Actividad 5

Registre la temperatura inicial del agua contenida en cada vaso de precipitados, así como sus respectivas conversiones al SI. Complete la tabla 6.4.

**Tabla 6.4**

	Temperatura inicial del agua [°C]	Temperatura inicial del agua [ K ]
muestra 1		
muestra 2		



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	57/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 6

Registre la temperatura de equilibrio de la mezcla y llene la tabla 6.5.

**Tabla 6.5**

$T_{eq}$ [°C]	$T_{eq}$ [K]

## Actividad 7

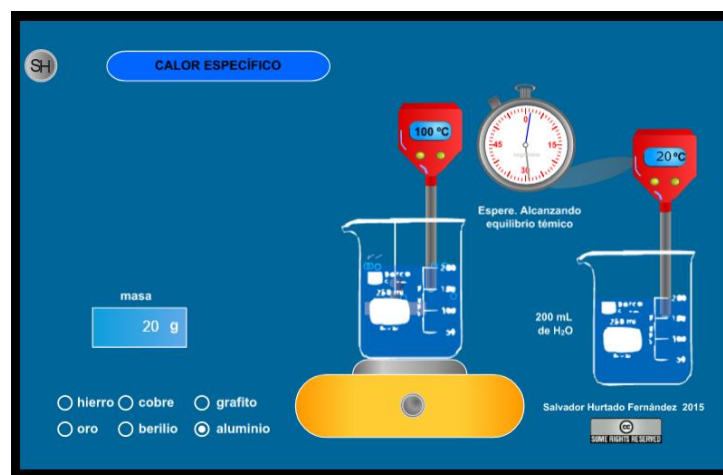
Observe la pantalla del **simulador 2**. Se pueden apreciar diferentes tipos de muestras, tales como: hierro, cobre, oro y aluminio.

Seleccione una masa de 75 [g] de aluminio


Observe que en el vaso de precipitados de la derecha se tienen 200 [ml] de agua a 20 [°C].

Considere despreciables las pérdidas de energía en forma de calor.

Para iniciar presione el botón de inicio.



**Figura 6.3. Pantalla del simulador de calor específico.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	58/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 8

Con la información obtenida para el agua y el aluminio, complete las tablas 6.6 y 6.7.

### Agua

**Tabla 6.6**

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

### Aluminio


**Tabla 6.7**

$m_{\text{aluminio}}$ [kg]	$T_{\text{i aluminio}}$ [°C]	$T_{\text{equilibrio}}$ [°C]

## Actividad 9

Aplice la primera ley de la Termodinámica para calcular la capacidad térmica específica del aluminio, considerando que se trata de un sistema termodinámico aislado.

$C_{\text{aluminio}}$ [J/(kg·ΔK)]

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	59/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 10

Obtenga el porcentaje de exactitud del valor experimental de la capacidad térmica específica del aluminio, sabiendo que el valor de referencia es de  $910 \text{ [J/(kg} \cdot \Delta K)]$ .

### Actividad 11


Con base en lo realizado en la actividad 7, explique la ley cero de la Termodinámica.

### Actividad 12

Con base en lo realizado en la actividad 9, explique brevemente la primera ley de la Termodinámica para sistemas termodinámicos aislados.

### Actividad 13


Con base en lo realizado en la actividad 9, explique brevemente la segunda ley de la Termodinámica para sistemas termodinámicos aislados, a través de la observación de la dirección de los flujos de energía en forma de calor.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	60/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. 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 la capacidad térmica específica del metal empleado?

## 5. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	61/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Referencias

Young H. D. y Freedman R. A. (2014). *Sears y Zemansky Física universitaria con Física moderna* (13a ed.). México, Editorial Pearson.

Laboratorio virtual (26 de junio 2020). *Equilibrio térmico*. Obtenido de Laboratorio Virtual:

<https://labovirtual.blogspot.com/search/label/equilibrio%20t%C3%A9rmico>

Laboratorio virtual (26 de junio 2020). *Calor específico*. Obtenido de Laboratorio Virtual:

<http://labovirtual.blogspot.com/search/label/calor%20espec%C3%ADfico>

## 7. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

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


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

donde:

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

### Para un sistema estacionario

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

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	62/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 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:

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


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  $c_{\text{metal}}$  en el experimento.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	63/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 7. Movimiento ondulatorio

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	64/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Objetivos de aprendizaje

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

## 2. Herramienta digital

Para esta práctica se hará uso de los siguientes simuladores de movimiento ondulatorio.


### Simulador 1

[http://ngsir.netfirms.com/j/Eng/resonanceString/resonanceString\\_js.htm](http://ngsir.netfirms.com/j/Eng/resonanceString/resonanceString_js.htm)

### Simulador 2

<https://www.geogebra.org/m/MsPMXgCs#material/Esgm8Ae6>



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	65/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### 3. Desarrollo de las actividades

#### Actividad 1


Registre las características estáticas del siguiente instrumento de medición y llene la tabla 7.1.



Figura 7.1 Regla graduada.

Tabla 7.1

Marca	Rango	Resolución	Legibilidad

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	66/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2

Empleando el simulador 1 presione el botón “START” y observe el modo de vibración que se muestra (Figura 7.2). Después busque otros modos de vibración, variando la frecuencia con el selector deslizable de color rojo.

A continuación:

- Observe que la longitud entre los apoyos de la cuerda es de 18.0 [cm].
- Para medir la distancia entre nodos, seleccione la opción de la regla “Ruler” y se mostrará un cursor de color verde.

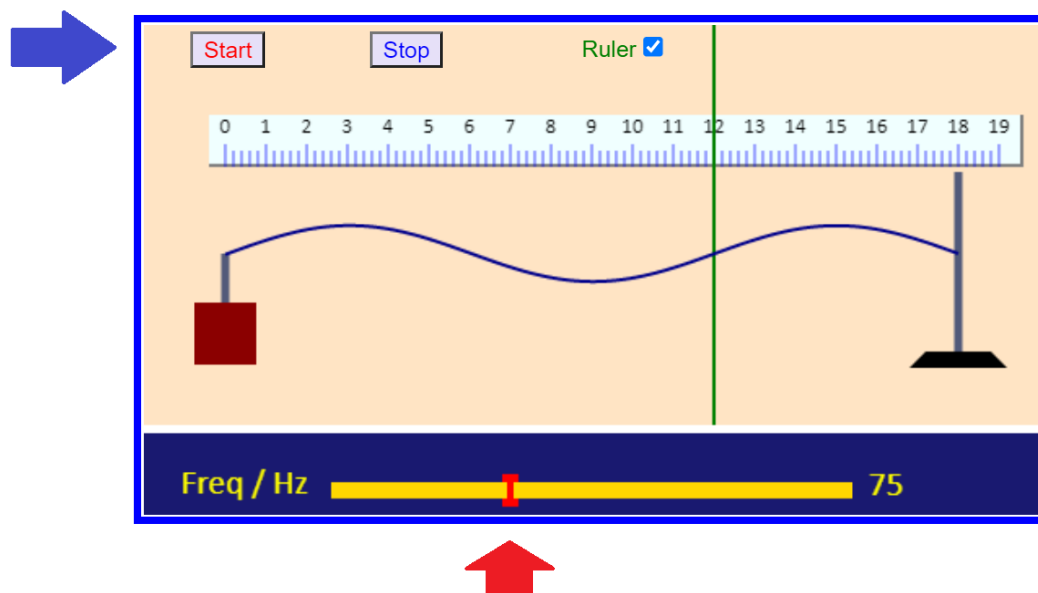



Figura 7.2. Pantalla del simulador 1 de movimiento ondulatorio.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	67/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 3

Represente con un esquema los primeros cinco modos de vibración variando la frecuencia en el simulador 1.

Después cuente el número de nodos respectivamente y con la regla mida la distancia entre dos nodos consecutivos. Complete la tabla 7.2.

**Tabla 7.2**

Frecuencia [Hz]	Esquema	Modo de vibración, n	Número de nodos	Distancia entre nodos [m]
		1		
		2		
		3		
		4		
		5		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	68/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 4

Observe la pantalla del simulador 2, ajuste la tensión a 50 [N] y lentamente varíe la frecuencia de la onda a 125 [Hz] de manera que pueda observar varios modos de vibración (Figura 7.3).

- Longitud de la cuerda: 4.0 [m].
- Densidad lineal de la cuerda:  $3.2 \times 10^{-3}$  [kg/m].
- Tensión de la cuerda: 50 [N].

Autor: Dr.Lakshman Chaudhari

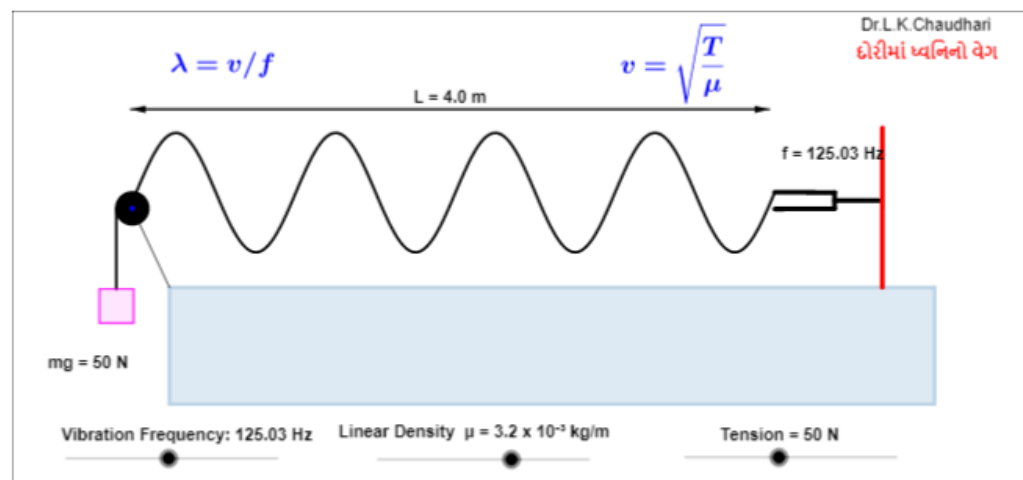



Figura 7.3. Pantalla del simulador 2 de movimiento ondulatorio.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	69/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 5

Encuentre el modo de vibración (**n = 3**), registre el valor de la frecuencia y la distancia (**d**) entre dos nodos consecutivos. Repita este procedimiento hasta el modo de vibración 8.


Determine el valor de la longitud de onda,  $\lambda$  [m], si se sabe que  $\lambda = 2d$ . A partir de los valores de frecuencia registrados determine el período para cada modo de vibración. Complete la tabla 9.3.

**Tabla 7.3**

modo de vibración, n	f [Hz]	d [m]	$\lambda=2d$ [m]	$\tau = 1/f$ [s]
3				
4				
5				
6				
7				
8				

### Nomenclatura:

- f** frecuencia [Hz].
- d** distancia entre nodos [m].
- $\lambda$  longitud de onda [m].
- $\tau$  período [s].
- $\mu$  densidad lineal de la cuerda [kg/m].

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	70/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 6

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función de la frecuencia ( $f$ ).

### Actividad 7

Ubique en una gráfica los puntos experimentales obtenidos de la longitud de onda ( $\lambda$ ) en función del período ( $\tau$ ).

### Actividad 8


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

### Actividad 9

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

### Actividad 10


Determine el valor de la rapidez de propagación de la onda ( $v$ ), con el modelo matemático obtenido y su unidad en el SI.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	71/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 4. Cuestionario

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

## 5. Conclusiones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	72/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Referencias

Young H. D. y Freedman R. A. (2014). *Sears y Zemansky Física universitaria con Física moderna* (13a ed.). México, Editorial Pearson.

Geogebra (29 de junio de 2020). *Esqm8Ae6*. Obtenido de Geogebra:  
<https://www.geogebra.org/m/MsPMXgCs#material/Esqm8Ae6>

NGSR-NETFIRMS (29 de junio de 2020). *Resonance String*. Obtenido de NGSIR-NETFIRMS  
<http://ngsir.netfirms.com/j/Eng/resonanceString/resonanceString.js.htm>

## 7. Anexo

### Expresiones matemáticas necesarias

$$f = \frac{1}{\tau} \text{ [Hz]}$$

$$\lambda = \frac{2\ell}{n} \text{ [m]}$$

$$|\vec{F}| = m_s |\vec{g}|; \text{ [N]}$$


$$\mu = \frac{m_{\text{cuerda}}}{\ell_{\text{cuerda}}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

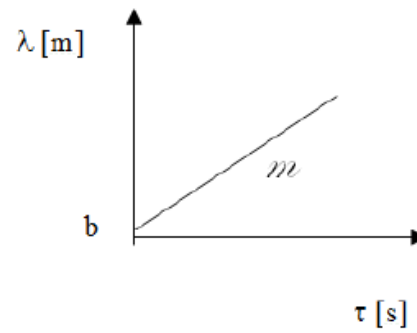
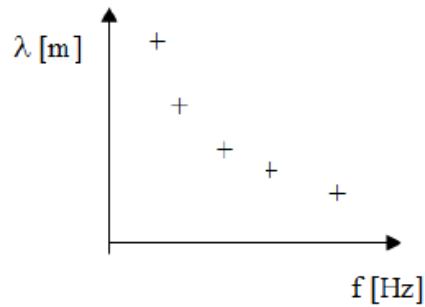
$$v = \lambda f \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

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



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Física (modalidad a distancia)</b>	Código:	<b>MADO-08</b>
		Versión:	01
		Página	73/73
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	18 de Septiembre de 2020
Facultad de Ingeniería		Área: Laboratorio de Física	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Modelos gráficos



## Modelo matemático

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

para  $\tau > 0$

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