

Omar Cevallos Muñoz
Jorge Guadalupe Almeida



Física experimental II
fluidos y termología



compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



Física experimental II fluidos y termología

Autores:

Omar Cevallos Muñoz
Jorge Guadalupe Almeida

Física experimental II fluidos y termología

Autores.
Omar Cevallos Muñoz
Jorge Guadalupe Almeida



Primera edición: noviembre 2018

© Universidad Técnica Estatal de Quevedo 2018
© Ediciones Grupo Compás 2018

ISBN: 978-9942-33-087-1

Diseño de portada y diagramación: Grupo
Compás

Este texto ha sido sometido a un proceso de
evaluación por pares externos con base en la
normativa del editorial.

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las
sanciones en las leyes, la producción o
almacenamiento total o parcial de la presente
publicación, incluyendo el diseño de la portada,
así como la transmisión de la misma por
cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico,
como químico, mecánico, óptico, de grabación
o bien de fotocopia, sin la autorización de los
titulares del copyright.

Guayaquil-Ecuador 2018

Cita.

Cevallos, O, Guadalupe, J. (2018) Física experimental II fluidos y termología , Editorial Grupo
Compás, Guayaquil Ecuador, 100 pag

ÍNDICE

INDICE	1
II. REGLAS GENERALES	5
II. INFORME DE PRÁCTICAS	7
III. DISPOSICIONES DE CONDUCTA DENTRO DEL LABORATORIO	9
IV. PRÁCTICAS EXPERIMENTALES	
PRÁCTICA No. 1	10
TEMA: DENSIDAD DE UNA SUSTANCIA	10
1.1. OBJETIVO GENERAL	10
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.3. INTRODUCCION	10
1.4. MATERIALES A UTILIZARSE	10
1.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	11
PRÁCTICA No. 2	16
TEMA: PRESIÓN EN UN FLUIDO EN REPOSO, LÍQUIDOS INMISCIBLES Y DENSIDAD	16
2.1. OBJETIVO GENERAL	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2.3. INTRODUCCIÓN	15
2.4. MATERIALES A UTILIZARSE	16
2.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	17
PRÁCTICA No. 3	20
TEMA: PRESION DE UN GAS: ABSOLUTA Y MANOMETRICA	20
3.1. OBJETIVO GENERAL	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3.3. INTRODUCCIÓN	20
3.4. MATERIALES A UTILIZARSE	20

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	21
PRÁCTICA N°. 4	24
TEMA: PRINCIPIO DE ARQUIMEDES	24
4.1. OBJETIVO GENERAL	24
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4.3. INTRODUCCIÓN	24
4.3. MATERIALES A UTILIZARSE	25
4.4. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.	25
PRÁCTICA No. 5	30
TEMA: EQUILIBRIO TERMICO	30
5.1. OBJETIVO GENERAL	30
5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	30
5.3. INTRODUCCIÓN	30
5.4. MATERIALES A UTILIZARSE	32
5.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.	32
PRÁCTICA NO. 6	34
TEMA: LEY DE ENFRIAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS	34
6.1. OBJETIVO GENERAL	34
6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	34
6.3. INTRODUCCIÓN	34
6.4. MATERIALES A UTILIZARSE	34
6.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.	35
PRÁCTICA N°. 7	38
TEMA: DILATACIÓN LINEAL	38
7.1. OBJETIVO GENERAL	38
7.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	38
7.3. INTRODUCCIÓN	38

7.4. MATERIALES A UTILIZARSE _____	39
7.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA _____	40
PRÁCTICA N° 8 _____	43
TEMA: DILATACIÓN VOLUMÉTRICA DE UN LÍQUIDO _____	43
8.1. OBJETIVO GENERAL _____	43
8.2. OBJETIVO ESPECÍFICO _____	43
8.3. INTRODUCCIÓN _____	43
8.4. MATERIALES A UTILIZARSE _____	44
8.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA _____	45
PRÁCTICA N° 9 _____	48
TEMA: DETERMINACION DEL EQUIVALENTE EN AGUA _____	48
9.1. OBJETIVO GENERAL _____	48
9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	48
9.3. INTRODUCCIÓN _____	48
9.4. MATERIALES A UTILIZARSE _____	49
9.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA _____	50
PRÁCTICA N° 10 _____	51
TEMA: DETERMINACION DEL CALOR ESPECIFICO _____	51
10.1. OBJETIVO GENERAL _____	51
10.2. OBJETIVO ESPECÍFICO _____	51
10.3. INTRODUCCIÓN _____	51
10.4. MATERIALES A UTILIZARSE _____	52
10.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA _____	53
PRÁCTICA N° 11 _____	57
TEMA: CALOR DE FUSIÓN DEL HIELO _____	57
11.1. OBJETIVO GENERAL _____	57
11.2. OBJETIVO ESPECÍFICO _____	57

11.3. INTRODUCCIÓN	57
11.4. MATERIALES A UTILIZARSE	58
11.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	59
PRÁCTICA N°. 12	62
TEMA: CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN DEL AGUA	62
12.1. OBJETIVO GENERAL	62
12.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	62
12.3. INTRODUCCIÓN	62
12.4. MATERIALES A UTILIZARSE	63
12.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.	64
V. BIBLIOGRAFÍA	65
VI. ANEXO: Modelo de portada del informe experimental	66

I. REGLAS GENERALES

Las siguientes disposiciones aplican a todos los estudiantes matriculados en las asignaturas de Física Experimental por lo cual es obligación que conozca las siguientes reglas.

1. El estudiante durante su registro académico escogió un horario de clases dada su disponibilidad de tiempo. Por tanto, **queda prohibido** el cambio de horario por decisión arbitraria de este.

2. La entrada a clases está permitida hasta 5 minutos después de iniciadas las 2 horas del periodo de la práctica.

3. Por obligación, semanalmente el estudiante debe descargar el material correspondiente de la plataforma SICAU y desarrollar las actividades propuestas.

4. El curso se desarrolla en una sesión de dos horas por semana, la asistencia a clases es obligatoria, el estudiante reprobará la materia si tiene más del 20% de faltas.

Calificación

Prueba de entrada	2 puntos
Reporte	4 puntos
Lección General	4 puntos
TOTAL	10 puntos

✿ **Prueba de entrada (2 puntos):** El estudiante cuenta con 10 minutos a partir del inicio de la sesión para su desarrollo, la cual consistirá en preguntas de opciones múltiples basadas en el documento de cada PRÁCTICA.

En esta lección el estudiante DEBE obtener una nota igual o superior a *Uno dos décimas (1,2)* para poder realizar la PRÁCTICA y el reporte. Caso contrario el estudiante *debe retirarse del laboratorio* con un puntaje de cero en el Reporte y con su respectiva nota de prueba de entrada. Ejemplo: Si el

estudiante obtiene 1,0 puntos en prueba de entrada entonces el tendrá la suma de 10+0 (corresponde al Reporte) finalmente en esa PRÁCTICA tiene 1,0/6 puntos.

 **Reporte (4 puntos):** debe ser entregado antes que se termine el horario de la PRÁCTICA, el cual debe tener el formato establecido para su calificación.

 **Lección General (4 puntos):** Será acumulativa de las PRÁCTICAS correspondientes a cada parcial.

II. INFORME DE PRÁCTICAS

El informe es individual y debe ser realizado a mano con letra legible. Únicamente la primera hoja será impresa y llenada con los datos correspondientes, el formato de la misma se indica en los anexos.

La estructura para los informes es la siguiente:



En el informe debe incluir marco teórico sobre el tema de la PRÁCTICA realizada.

Los gráficos se deben realizar en papel milimetrado y deben poseer:

- 🌐 Título del gráfico
- 🌐 Nombre de la variable independiente (eje x), unidades, escala.
- 🌐 Nombre de la variable dependiente (eje y), unidades, escala.
- 🌐 Puntos correspondientes a los datos experimentales.

Curva de regresión que mejor se ajuste a los datos experimentales (tiene relación con el análisis de regresión).

Las conclusiones son obligatorias y deben tener relación con los objetivos y los resultados obtenidos.

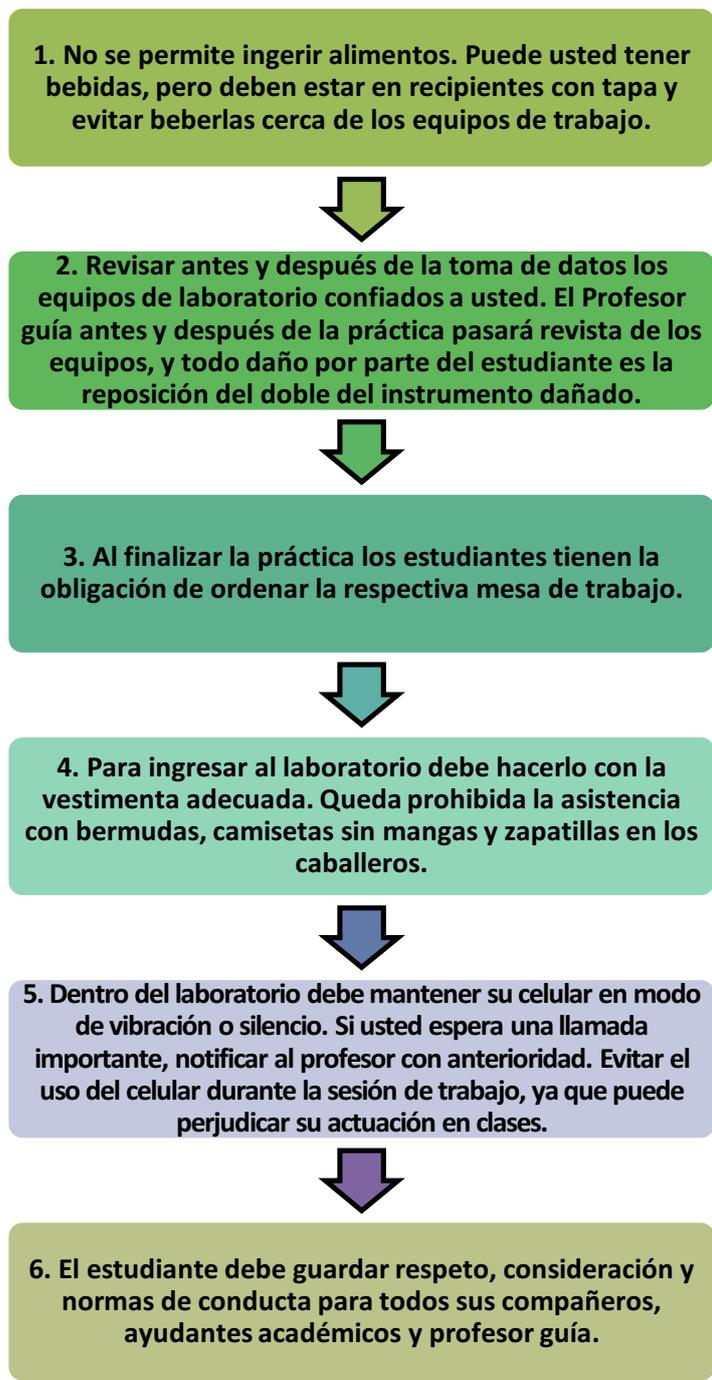
Las recomendaciones son opcionales; pero deben tener relación con el mejoramiento de la PRÁCTICA.

El estilo que se debe utilizar para las referencias debe ser consistente y, en lo posible, seguir las convenciones del estilo IEEE.

QUEDA PROHIBIDO copiar textualmente la información, ya sea de libros, revistas, papers o de páginas de internet. En caso de que en el informe se pida realizar una consulta, la misma debe ser lo más concreta y clara posible.

Los informes son realizados de forma individual, por lo tanto, COPIAR no es permitido y de ser el caso se sancionará con la nota de 0 puntos a los estudiantes involucrados.

III. DISPOSICIONES DE CONDUCTA DENTRO DEL LABORATORIO



PRÁCTICA No. 1

TEMA: DENSIDAD DE UNA SUSTANCIA

1.1. OBJETIVO GENERAL

- ✿ Analizar por medio de diferentes instrumentos la densidad de sólidos y líquidos en el laboratorio.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✿ Identificar las variables que afectan las mediciones a realizar para determinar la densidad.
- ✿ Determinar la densidad de un líquido y un sólido midiendo su masa y su volumen.

1.3. INTRODUCCIÓN

La densidad de una sustancia homogénea es una propiedad física que la caracteriza y está definida como el cociente entre la masa y el volumen de la sustancia que se trate. Esta propiedad depende de la temperatura, por lo que al medir la densidad de una sustancia se debe considerar la temperatura a la cual se realiza la medición. En el caso de sustancias no homogéneas, lo que se obtiene al dividir la masa y el volumen es la densidad promedio. En esta PRÁCTICA se determina la densidad de un líquido y un sólido homogéneos y se calcula la incertidumbre obtenida con los instrumentos empleados.

1.4. MATERIALES A UTILIZARSE

1. Pipeta de 10 ml.
2. Probeta graduada de 250 ml.
3. 5 cilindros de aluminio con gancho de 15 mm de diámetro y 50 mm de longitud.
4. 5 cilindros de hierro con gancho de 15 mm de diámetro y 50 mm de longitud.
5. Calibrador pie de rey.
6. Agua.
7. Balanza digital.

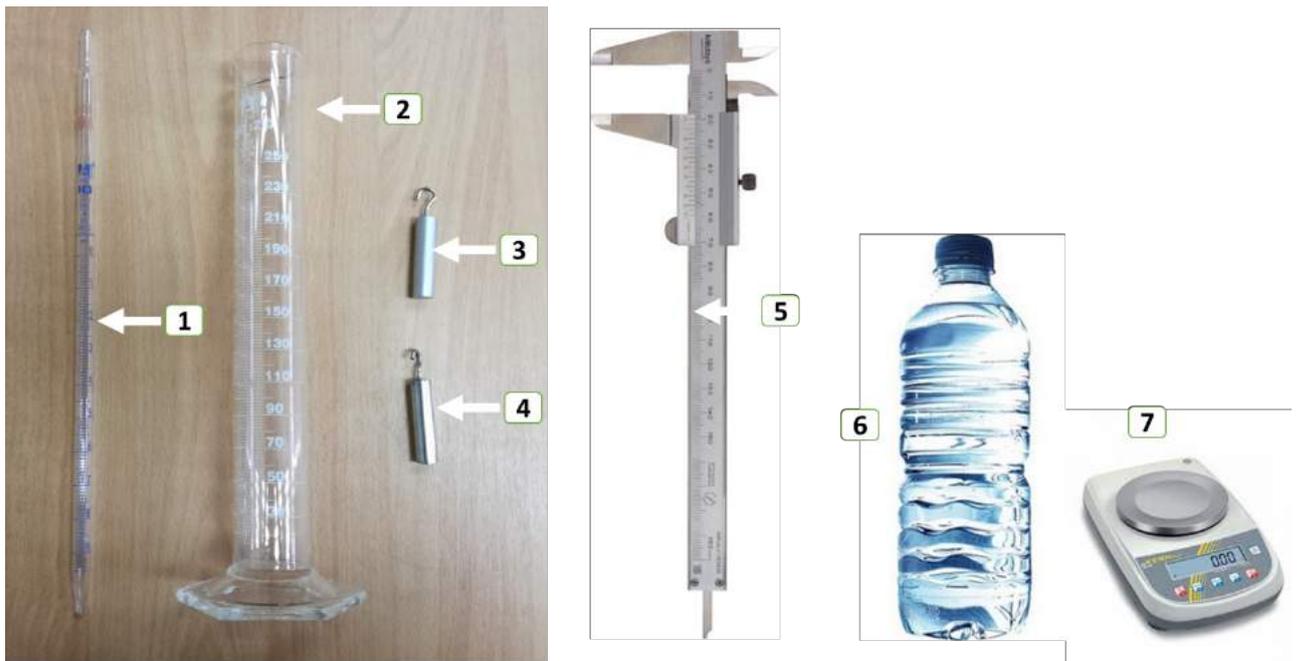


Figura E1.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

1.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

(A) Determinación de la densidad del agua:

1. Encerar la balanza digital.
 2. Medir la masa de la probeta procurando que ésta se encuentre limpia y seca.
 3. Verter agua en la probeta hasta que alcance aproximadamente los 70 ml, procurando que el menisco del agua quede muy cerca de una de las líneas de graduación de la probeta. Utilice una pipeta para poner el menisco en la marca deseada.
Procure que no quede líquido en las paredes externas e internas de la probeta para no alterar la medición de volumen y masa.
- Importante:** El menisco del agua debe quedar tangente a la marca del volumen que se estudia. Durante el proceso de lectura, procure que sus ojos estén a la misma altura del nivel del líquido para disminuir los errores asociados al proceso de medición.
4. Una vez determinado el volumen, determine la masa de la probeta con el agua en la balanza.
 5. Sin vaciar la probeta agregue agua hasta una marca aproximada de 80 ml, ayudándose de la pipeta. Una vez que determinó el volumen y que limpió el líquido de las paredes del recipiente, mida su masa.

6. Volver a repetir la operación anterior para cada uno de los volúmenes aproximados siguientes: 90, 100 y 110 mililitros.

(Nota: El estudiante puede tomar los volúmenes indicados o algunos cercanos a esos valores anotando el valor indicado por la graduación de la probeta en cada caso)

(B) Determinación de la densidad para un sólido regular.

1. Utilizar los cilindros de acero y aluminio para la experimentación correspondiente.
2. Con el vernier, mida a cada una sus dimensiones y con ellas calcule su volumen.
3. Mida ahora su masa correspondiente.
4. Repita el mismo proceso para las otras cuatro muestras.
5. En el caso de haber usado piezas metálicas u otro material que no flote en el agua, determine el volumen de cada pieza sumergiendo cada una en agua y determinando el volumen desplazado de agua por cada pieza. Utilice la probeta para medir el volumen desplazado y la tabla de la siguiente sección para reportar los resultados.

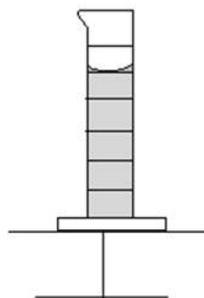


Figura E1.2 Medición de la densidad de un líquido

ACTIVIDADES A REALIZAR

(A) Para el agua:

1. Con las masas de la sustancia, los volúmenes correspondientes y la expresión para la densidad, calcule la densidad del agua.
2. Obtener 5 valores de densidad para el agua, correspondientes a las 5 mediciones.
3. Con esos 5 valores de densidad, calcule:
 - El valor promedio de la densidad del agua.
 - La desviación media.
 - El error relativo porcentual.

Tabla E1.1. Datos para el agua

Medida	V	M	ρ
1			
2			
3			
4			
5			

$$\bar{\rho} =$$

$$\overline{\delta\rho} =$$

$$\bar{\varepsilon} =$$

Se puede registrar estos resultados para la densidad del agua como

$$\rho = \bar{\rho} \pm \overline{\delta\rho}$$

Luego, escriba el valor promedio con las cifras significativas (cifras decimales) de acuerdo a la incertidumbre obtenida. Por ejemplo, si la densidad promedio del agua al hacer los cálculos resulta 1.0243 gr/cm^3 y la desviación media es 0.01 gr/cm^3 entonces se debe redondear el resultado como:

$$\rho = 1.02 \pm 0.01 \text{ gr/cm}^3$$

(B) Para el caso del sólido:

1. Con el volumen obtenido y utilizando las dimensiones de cada pieza así como la masa correspondiente, determine la densidad de cada muestra.
2. De manera similar, con el volumen desplazado por el agua en cada caso, calcule la densidad de cada muestra.
3. En virtud de que son 5 muestras, deberá encontrar 5 valores de densidad con cada método.
4. Con esos 5 valores de densidad, obtener:
 - El valor promedio de su densidad.
 - La desviación media.
 - El error relativo porcentual.

Utilice las siguientes tablas:

Tabla E1.2. Densidad del sólido midiendo el volumen geoméricamente

Medida	V	M	ρ
1			
2			
3			
4			
5			

$$\bar{\rho} = \quad \overline{\delta\rho} = \quad \bar{\varepsilon} =$$

Tabla E1.3. Densidad del sólido midiendo el volumen desplazado de agua

Medida	V	M	ρ
1			
2			
3			
4			
5			

$$\bar{\rho} = \quad \overline{\delta\rho} = \quad \bar{\varepsilon} =$$

4. Grafique para cada sustancia la masa en función de su volumen en una hoja cuadriculada aparte.

Nota.

Para el caso de varias mediciones de una misma propiedad, se identifica a la desviación de medición A como $\delta A = |A - \bar{A}|$, donde \bar{A} es el promedio de todas las mediciones realizadas y las barras $|...|$ indican valor absoluto. La desviación media de las mediciones (δA) será el promedio de las desviaciones obtenidas.

El error relativo porcentual de una medición A (ε) es el cociente de la desviación correspondiente δA y el valor promedio de las mediciones \bar{A} multiplicado or 100, es decir, $\varepsilon = (\delta A / \bar{A}) * 100$. El error relativo porcentual promedio ($\bar{\varepsilon}$) del conjunto de mediciones es el promedio de los errores relativos de las mediciones realizadas.

▪ **Consultas y preguntas**

1. ¿Cuál es el error porcentual obtenido en la medición de cada sustancia?
2. ¿Cuáles son las fuentes de error más comunes que pueden presentarse en la medición de la densidad de un líquido por el método usado? Sea claro y concreto en la respuesta a la pregunta.
3. ¿Cuáles son las fuentes de error más comunes que pueden presentarse en la medición de la densidad de un sólido por este método? Sea claro y concreto en la respuesta a la pregunta. De los dos métodos utilizados para medir la densidad de un sólido ¿Cuál método presenta menor error? Explique.
4. ¿Qué diferencia presentan las gráficas de la masa contra el volumen de ambas sustancias?
5. ¿Qué representa la pendiente de las gráficas de la masa contra el volumen?
6. En base a los resultados obtenidos para cada sustancia, ¿cuál es la masa de 1 litro de cada una de ellas?
7. ¿Qué volumen ocupan 1000 Kg de cada una de las sustancias a las que se les calculó la densidad?
8. ¿Qué limitaciones tiene el método que se usó para medir la densidad del sólido?
9. A partir de las precisiones de la medición de la masa con la balanza utilizada y de la medición del volumen con la probeta, ¿cómo se propaga el error en la determinación de la densidad?, ¿cuántas cifras son significativas en el valor de la densidad obtenida en cada caso?

PRÁCTICA No. 2

TEMA: PRESIÓN EN UN FLUIDO EN REPOSO: LÍQUIDOS INMISCIBLES Y DENSIDAD

2.1. OBJETIVO GENERAL

- ✿ Comprender el fenómeno de la presión en el interior de fluidos en reposo, aplicando los diferentes principios de la hidrostática.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✿ Estudiar el comportamiento de la presión en un líquido en reposo, usando un tubo en “U” en el que se vierten dos sustancias que son inmiscibles.
- ✿ Determinar la densidad relativa de un líquido empleando el tubo en U.

2.3. INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos más sencillos utilizados para determinar densidades relativas de líquidos inmiscibles es el del tubo en U. Este tubo consiste simplemente de un tubo de vidrio o plástico transparente doblado en forma de U. Como se observa en el diagrama más adelante, se cumple la igualdad de las presiones en ambos brazos $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$, donde g es la gravedad, ρ_1 y ρ_2 son las densidades de los líquidos inmiscibles, colocados en cada brazo del tubo y con alturas correspondientes h_1 y h_2

2.4. MATERIAL A UTILIZARSE

1. Pipeta de 10 ml.
2. Manómetro.
3. Vaso de precipitado de 250 ml.
4. Agua.
5. Balanza digital.
6. Aceite de muebles.

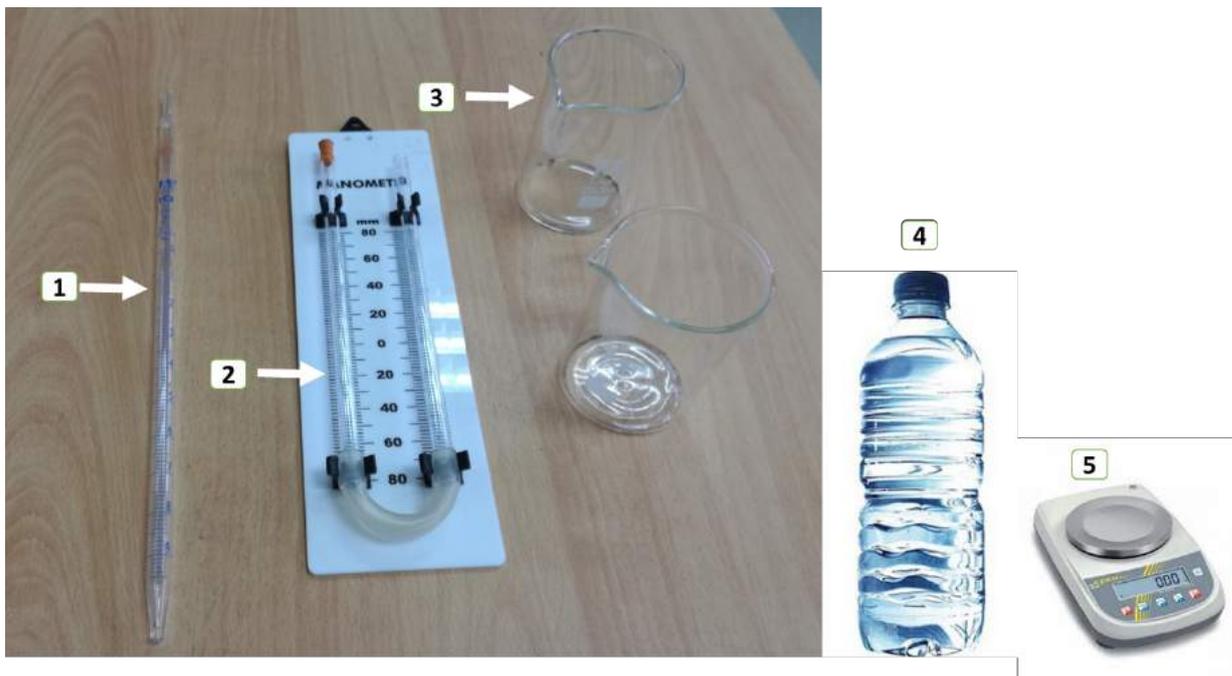


Figura E2.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

2.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Mida cuidadosamente la densidad del aceite que usará, mediante la probeta, calculando la masa de aproximadamente 60, 70 y 80 mililitros de volumen de tal sustancia, tal como lo hizo en la primera práctica. Con las tres mediciones, obtenga la densidad promedio. Con esta última densidad es con la que trabajará. Tenga el cuidado de calibrar la balanza antes de iniciar la medición de la masa del líquido.
2. Verifique que el tubo en U esté limpio y seco.
3. Mediante la pipeta vierta agua en el tubo en el tubo en U , hasta que llegue hasta la mitad de los tubos de vidrio.
4. Enseguida, con la pipeta agregue aceite por el otro brazo del tubo hasta que éste alcance unos 10 centímetros de altura en el tubo. Observe si las superficies de los líquidos en ambos brazos del tubo en U se encuentran al mismo nivel.
5. Con la regla mida la altura de la columna de aceite y la altura de la columna de agua en el otro brazo del tubo, a partir de la prolongación del nivel de la superficie de separación aceite-agua, como se indica en el diagrama.
6. Agregue tanto aceite como para que la columna del mismo se incremente en 5 centímetros y vuelva a realizar las mediciones indicadas en el paso 5.

7. Agregue otra cantidad similar a la indicada en el paso 5 y realice las mediciones indicadas en el paso 5.
8. Siga agregando aceite hasta agotar la altura del tubo en U , o hasta que la regla lo permita.
9. Trate de obtener al menos 5 mediciones, regulando la cantidad de aceite que se vierte al tubo. Si el agregar 5 cm de aceite, no permite obtener tal cantidad de mediciones, disminuya un poco la referida cantidad.
10. Cada miembro del equipo deberá realizar al menos una medición. No olvide medir la temperatura del aceite.

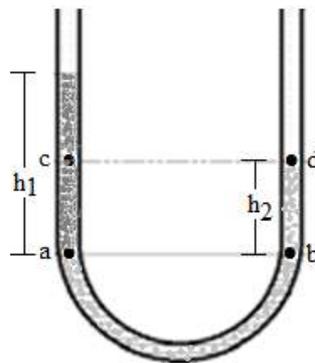


Figura E2.2. Lectura manométrica del tubo en U

▪ **ACTIVIDADES A REALIZAR**

1. Calcule la presión en los puntos a y b (ver diagrama) usando las parejas de alturas medidas en cada paso. No tome en cuenta la presión atmosférica, ya que ésta no influye por ser igual para ambas columnas. Use la densidad del aceite calculada en el punto 1 de la sección IV, y la del agua que midió por medio del picnómetro en la segunda práctica.
2. Obtenga la diferencia absoluta de ambas presiones.
3. Calcule la diferencia promedio de ambas presiones.

$$\rho_{\text{aceite}} = \quad \quad \quad \rho_{\text{agua}} =$$

Tabla E2.1 Recogida de datos para determinar la densidad promedio

Medida	h_a	h_b	ρ_a	ρ_b	$d = \rho_a - \rho_b $
1					
2					
3					
4					
...					

Diferencia promedio:

$$\bar{d} = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Con los datos obtenidos, calcule la densidad relativa promedio del aceite respecto a la del agua. Con el valor de la densidad del agua obtenga la densidad absoluta del aceite. Compare el resultado con el obtenido en el punto 1 de la sección del procedimiento.

▪ **Consultas y problemas**

1. Cuando se vierte agua en el tubo en U ¿Cómo están los niveles del líquido en ambos brazos del tubo?
2. Una que vez que se ha vaciado aceite en el tubo en U ¿Cómo están los niveles de las superficies de los líquidos en ambos brazos? ¿Iguales? ¿Alguno está más elevado? ¿A qué se debe el comportamiento anterior?
3. A partir de observar el comportamiento de dos sustancias inmiscibles en el tubo en U , ¿es posible saber cuál es más denso y cuál es menos denso? Explique.
4. En general, ¿cómo son las presiones en los puntos **a** y **b** comparativamente? (Ver diagrama), ¿la diferencia promedio obtenida es pequeña o grande respecto a los valores de presión en dichos puntos?
5. ¿Se puede concluir que las presiones en **a** y **b** son iguales o diferentes? ¿Por qué?
6. Los puntos **c** y **d** que se indican en el diagrama, ¿se encuentran a la misma presión?, ¿por qué?
7. ¿Cuáles son las condiciones para que, en un fluido en reposo, dos puntos se encuentren a la misma presión?
8. En comparación con la determinación de la densidad de un líquido y utilizando el picnómetro, ¿qué tan preciso resulta el método del tubo en U para determinar densidades?
9. ¿Es importante la tensión superficial de los líquidos utilizados en la determinación de la densidad utilizando el tubo en U ?, ¿qué sucedería si el tubo en U utilizado tiene un diámetro muy pequeño?

PRÁCTICA No. 3

TEMA: PRESIÓN DE UN GAS: ABSOLUTA Y MANOMÉTRICA

3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✿ Comprender el concepto de presión absoluta y manométrica, conozca sus unidades e instrumentos de medición y aplique este conocimiento en sus actividades académicas.

3.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✿ Determinar la presión absoluta y manométrica del aire encerrado en una jeringa

3.2. INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones más importantes del tubo en "U" es el manómetro, el cual se utiliza para determinar la presión de un líquido o gas respecto a la presión atmosférica, utilizando las relaciones algebraicas utilizadas en la PRÁCTICA 2. En esta PRÁCTICA se determina la dependencia de la presión del aire de una jeringa con la diferencia de alturas de los brazos del manómetro, además se determinará cualitativamente la capacidad pulmonar de una persona.

3.3. MATERIALES A UTILIZARSE

- Manómetro en *U*.
- Vaso de precipitado de 250 ml.
- Jeringa de 10 ml.
- Tres (3) cm de manguera látex.
- Colorante (azul de metileno o algún colorante orgánico).
- Agua.

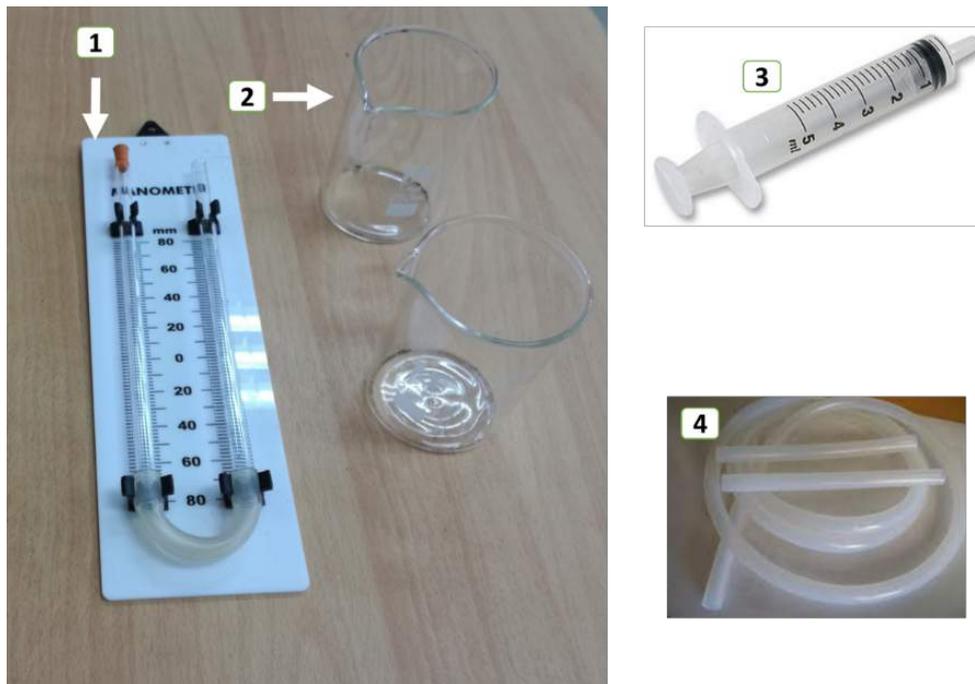


Figura E3.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

3.4. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

- A) Presión del aire encerrado en la jeringa.
- Vierta aproximadamente 100 mililitros de agua en el vaso de precipitados y agréguele un poco de colorante. (Ver figura E3.1)
 - Vacíe agua coloreada al manómetro hasta que alcance la mitad del manómetro.
 - Colóquele a la jeringa el pedazo de manguera látex.
 - Hunda el émbolo de la jeringa hasta la marca de 6 mililitros.
 - Enseguida, coloque la jeringa en uno de los tubos del manómetro.
 - Bajo esas condiciones, saque lentamente el émbolo de la jeringa hasta la marca de 7 mililitros aproximadamente y observe que pasó con el líquido manométrico, ¿cómo es la presión del aire en la jeringa respecto a la presión atmosférica?
 - Mida la diferencia de alturas entre los niveles del agua en ambos brazos.
 - A continuación, coloque el émbolo en la marca de los 8 mililitros y mida la diferencia de alturas.
 - Repita la operación del paso anterior para cuando el émbolo marca 9 y luego para 10 mililitros, midiendo en cada caso la diferencia de altura que se produce.

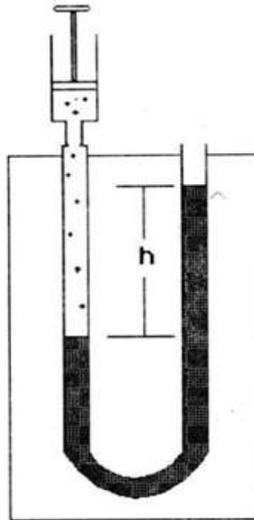


Figura E3.2. Presión del aire encerrado en la jeringa

- Ahora coloque el émbolo en la marca de 4 mililitros y observe qué sucede con el líquido manométrico, ¿cómo es la presión del aire encerrado en la jeringa respecto a la presión atmosférica? Mida la diferencia de altura entre los niveles del líquido en ambos brazos.
- Posicione sucesivamente el émbolo en la marca de los 3, 2 y 1 y 0 mililitros y en cada caso mida la diferencia de altura. Si el líquido manométrico asciende demasiado, realice las mediciones hasta donde le sea posible.

ACTIVIDADES A REALIZAR

A) Para la presión del aire encerrado en la jeringa.

Con la diferencia de altura calcule la presión manométrica y absoluta del aire encerrado en la jeringa.

Para los cálculos que realice tome la presión atmosférica igual a 100000 Pa y la densidad del agua como 1 Kg/m^3

Tabla E3.2. Recogida de datos para la determinación de la presión

Medición	H	P (manométrica)	P (absoluta)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Determinar gráficamente el comportamiento de la presión con la altura. Grafique la presión como función de las diferencias de altura. ¿Cuál es el comportamiento observado? Señale las fuentes de error.

▪ **CONSULTAS Y PREGUNTAS:**

A) Presión del aire encerrado en la jeringa

- ¿Cómo es la presión del aire encerrado en la jeringa conforme se va expandiendo el émbolo?
- ¿A qué se debe el comportamiento del aire en el caso anterior?
- ¿Cómo es la presión del aire encerrado en la jeringa conforme se va hundiendo el émbolo?
- ¿Cómo se explica el comportamiento del aire en el caso anterior?
- En el experimento de la jeringa, ¿qué hubiera sucedido si en vez de agua, se usa mercurio como líquido manométrico?
- ¿En qué casos es conveniente usar mercurio como líquido manométrico, y, en cuáles un líquido menos denso?
- En la gráfica de la presión respecto a la altura, para el experimento de la jeringa, ¿encuentra similitud con la ley de Boyle para los gases ideales? Explique. ¿Podría graficar la presión del aire encerrado en la jeringa respecto a los diferentes volúmenes obtenidos al recorrer el émbolo de la jeringa?

PRÁCTICA No. 4

TEMA: PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

4.1. OBJETIVO GENERAL

- ✿ Analizar la densidad de un sólido aplicando el Principio de Arquímedes.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✿ Calcular la fuerza de flotabilidad o empuje ejercida sobre un cuerpo que se encuentra total o parcialmente sumergido en un fluido.
- ✿ Determinar la relación funcional existente entre el empuje y el peso del cuerpo sumergido.

4.3. INTRODUCCIÓN

El principio de Arquímedes establece que todo cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascendente o empuje igual al peso de fluido desplazado:

$$\text{Empuje} = \text{Peso de fluido desplazado}$$

$$E = \rho V_d g$$

donde V_d es el volumen de fluido desplazado, ρ es su densidad y g es la aceleración de la gravedad.

Al analizar las fuerzas que intervienen cuando un cuerpo sólido se suspende de un hilo y se sumerge en un líquido se obtiene que, en equilibrio,

$$W = T + E$$

Donde, W es la magnitud del peso del sólido (fuerza que ejerce la tierra sobre el cuerpo), E es el empuje que el líquido ejerce sobre el cuerpo y T es la tensión que ejerce el hilo sobre el cuerpo. Las cantidades anteriores pueden determinarse mediante el procedimiento que a continuación se describe.

4.4. MATERIALES A UTILIZARSE

- Probeta graduada de 250 ml.
 - Un vaso de precipitados de 250 ml.
 - Tres cilindros de aluminio con gancho de 15 mm de diámetro y 50 mm de longitud.
 - Calibrador pie de rey.
 - Agua y alcohol.
 - Balanza digital.
1. Un objeto sólido cualquiera. Cada miembro del equipo llevará un objeto cuyo volumen sea de aproximadamente 10 centímetros cúbicos y de tamaño tal que pueda ser introducido sin dificultad en un vaso de precipitados de 200 mililitros.
 2. Hilo.



Figura E4.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

4.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Encerar la balanza.
2. Amarre un hilo a la primera pieza de aluminio, procurando que éste no sea demasiado largo.
Cuelgue la pieza de la parte inferior de la balanza y mida su peso.
3. Vierta agua en un vaso de precipitados y colóquelo en la base especial de la balanza.
Procure que el agua ocupe alrededor de las tres cuartas partes del vaso.

4. Sin descolgar el sólido de la balanza, sumérgalo totalmente en el agua. Tenga el cuidado de que la pieza quede completamente sumergida y que la misma no toque el fondo del vaso ni sus paredes. Tome nota de la lectura que indica ahora la balanza. Para disminuir las posibles fuentes de error, evite derramar agua en el plato de la balanza.
5. Repita los pasos 1 al 4 en varias ocasiones, teniendo el cuidado de calibrar a cero la balanza.
6. Descuelgue la pieza y con el vernier mida sus dimensiones. Determine ahora su volumen y analice cuál fue el volumen de líquido desplazado por la pieza al sumergirla.
7. Repita los pasos 1 al 6 para la segunda y tercera piezas de aluminio.
8. Repita este procedimiento para todas las piezas, pero ahora utilizando petróleo o etanol. El diagrama ilustra la forma de medir los pesos de los objetos sólidos.

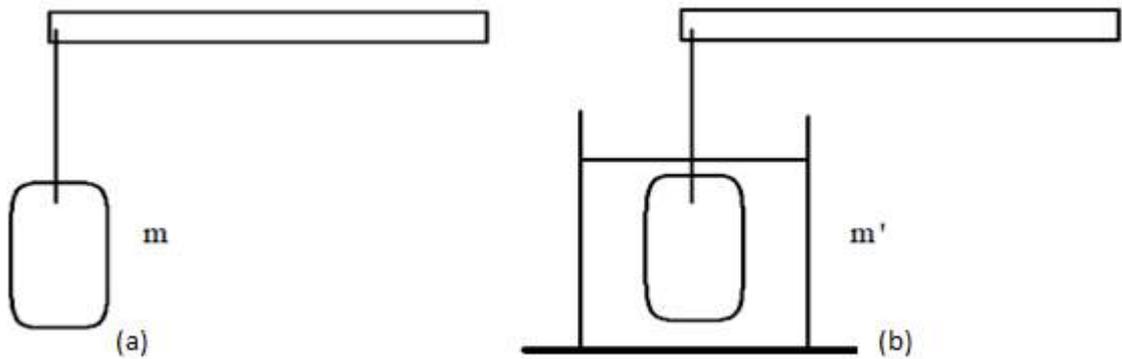


Figura E4.2 Masa del objeto y su masa aparente

9. Utilizando los valores medidos de los pesos de los distintos objetos calcule el empuje que actúa sobre cada uno de ellos. Considere que el empuje está dado por la diferencia entre el peso medido en el aire y el peso medido en el líquido. Realice sus cálculos tomando en cuenta la teoría de propagación del error.
10. Con las dimensiones de las piezas, calcule su volumen y con ello el volumen de líquido desplazado. Puede organizar sus datos en una tabla como la que se indica a continuación:

Pieza	m	m'	E	V_d
1				
2				
3				

m y m' corresponden a la masa de la pieza medida fuera y dentro del líquido, respectivamente

11. Una vez obtenido el empuje, describa su comportamiento mediante una gráfica de esta cantidad versus el volumen de líquido desplazado.
12. A partir de la gráfica observe cómo varía el empuje y el volumen desplazado de líquido. Indique de su observación si el empuje puede expresarse como una función dependiente del volumen de líquido desplazado y, en caso de ser así, obtenga la expresión matemática de dicha función. Expresé lo anterior de manera explícita en el siguiente recuadro:

13. Realice ahora los cálculos con las mediciones obtenidas cuando utilizó alcohol. Expresé sus resultados en el recuadro siguiente:
14. Compare los valores de empuje obtenidos para el agua y para el alcohol. Expresé sus resultados en la siguiente tabla:

Tabla 4.2. Recogida de datos para la determinación de los empujes en los dos líquidos

Pieza	M	m'	m''	E_1	E_2
1					
2					
3					
...					

m' y m'' corresponden a la masa de la pieza medida dentro de cada líquido, respectivamente.

15. A partir de estos resultados observe si existe evidencia que muestre que el empuje ejercido sobre las piezas sólidas depende de la densidad del líquido en donde fueron sumergidas y si es así, exprese la forma matemática de esta dependencia. Expresé sus resultados en el siguiente recuadro, argumentando sus conclusiones.

16. Ahora, considerando el volumen de líquido desplazado, así como la densidad del mismo, calcule el peso (W_d) de dicho volumen.
17. Compare el resultado anterior con el valor correspondiente del empuje.
18. Obtenga la diferencia porcentual tomando como referencia el empuje.
19. Calcule la diferencia porcentual promedio. Exprese sus resultados en la siguiente tabla:

Pieza	M	m'	E_1	V_d	W_d	$d(\%) = E - W_d$
1						
2						
3						
...						

$$\rho_{agua} = \quad \bar{d}(\%) = \quad \bar{\varepsilon}_p =$$

20. De la comparación entre el empuje ejercido sobre el objeto sólido y el peso del líquido desplazado indique si puede establecerse una relación entre estas cantidades. Exprese su conclusión en el siguiente recuadro y argumente la misma:

▪ **CONSULTAS Y PREGUNTAS:**

1. ¿Cuáles son las principales fuentes de error al determinar el empuje mediante la medición de los pesos en el aire y en el líquido? Sea concreto al señalar dichas fuentes.
2. Según el resultado obtenido, ¿qué tipo de curva describe el comportamiento del empuje en función del volumen de líquido desplazado? ¿Será el mismo tipo de curva la que describe el comportamiento del empuje en función de la densidad del líquido? Argumente.

3. ¿Cuál fue la diferencia porcentual obtenida al comparar el empuje con el peso del líquido desplazado? ¿Es posible despreciar esa diferencia? Explique por qué sí o por qué no.
4. Se puede afirmar que todos los cuerpos que están en la atmósfera se encuentran sumergidos en un fluido que es el aire. ¿Significa esto que el aire ejerce un empuje sobre esos cuerpos? Si es así, ¿cómo podría calcularse ese empuje?, ¿sería grande, comparado al empuje de un líquido? Argumente.

PRÁCTICA No. 5

TEMA: EQUILIBRIO TÉRMICO

5.1. OBJETIVO GENERAL

 Analizar el calor específico de una sustancia mediante el método de las mezclas.

5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

 Comprobar que al poner en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas se produce una transferencia de calor del cuerpo a mayor temperatura al de menor hasta que las mismas se igualen.

5.3. INTRODUCCIÓN

INTERCAMBIO DEL CALOR COMO FORMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA

Pese a que los cambios que pueden producirse en los sistemas son muy variados, el modo en que los sistemas intercambian energía solo se produce de dos formas: mediante el calor y el trabajo.

Mediante el calor. El intercambio térmico se produce, entre dos sistemas que se encuentren en desequilibrio térmico, esto es, a diferente temperatura se transfiere calor del cuerpo a mayor temperatura hacia el de menor temperatura, razón por lo cual, en el instante en que los dos sistemas están a igual temperatura se dice que se encuentran en equilibrio térmico.

Mediante trabajo. El intercambio mecánico se da cuando las fuerzas actúan sobre los cuerpos y se desplazan, deforman o modifican de algún modo su movimiento. Es el tipo de intercambio energético que se produce en las máquinas: un coche, una grúa, una lavadora. El calor y el trabajo son dos magnitudes físicas. Al ser formas de transferencia de energía, el calor y el trabajo se miden en las mismas unidades que la energía: en julios (J) o kilojulios ($1KJ = 1000 J$). En el caso del calor también se utiliza la unidad denominada caloría ($1 \text{ caloría} = 4,18 J$).

▪ **EQUILIBRIO TÉRMICO**

Si se ponen en contacto dos cuerpos con diferentes temperaturas, el que posee más energía térmica la cede al otro en forma de calor, hasta que se igualan las temperaturas, entonces la energía de los dos cuerpos también son iguales y se ha alcanzado el equilibrio térmico.

El aporte o pérdida de calor de un cuerpo produce cambios en su energía interna y por tanto, de su temperatura. Este aumento o disminución de la energía térmica, produce cambios de estado, dilataciones y contracciones, transformaciones químicas, entre otros.

La dilatación y la contracción de los cuerpos se producen porque, al aumentar o disminuir su energía interna, las moléculas se agitan más o menos. Entonces las distancias entre ellas varían y también los espacios en los que se agitan. Si se agitan más se produce un aumento de tamaño del cuerpo (dilatación) y si se agitan menos una disminución (contracción)

▪ **CALOR Y TEMPERATURA SON CONCEPTOS DIFERENTES**

El calor es energía en movimiento, es decir energía térmica transferida de un sistema que está a mayor temperatura, a otro que está a menor. La temperatura es la magnitud física que mide la cantidad de energía térmica que tiene un cuerpo o un sistema.

Las moléculas que forman todos los cuerpos están siempre en movimiento. La temperatura nos informa del grado de agitación de las partículas de un cuerpo y equivale al valor promedio de la energía de todas sus partículas. La unidad de temperatura en el SI es el grado Kelvin (K) de la escala absoluta. Pero la escala que se utiliza normalmente es la escala Centígrada, en que la unidad es el grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$), donde el valor de 0°C es la temperatura de fusión del hielo, y, el valor de 100°C , es la temperatura de ebullición del agua.

5.4. MATERIALES A UTILIZARSE

- Equipo de calentamiento, formado por: base soporte con taladro, varilla metálica, aro con vástago, rejilla con fibra cerámica y mechero de gas.
- 2 termómetros de -10 [°C] a 110 [°C].
- Varilla de vidrio para agitar.
- 2 vasos de precipitado de 250 [ml].
- Cronómetro
- Guante térmico
- Calorímetro
- Tubo de ensayo grueso
- Cilindro metálico



Figura E4.1 Equipos y componentes a emplearse en la práctica
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

5.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

- Introducir el termómetro dentro del tubo de ensayo grueso, y añadir agua hasta una altura que no sobrepase la altura que va a tener el agua en el calorímetro, y colocar el conjunto dentro del vaso de precipitado totalmente vacío.
- En el calorímetro, retirar la tapa para las conexiones eléctricas, para después introducir por ese orificio el tubo de ensayo grande.

- Mediante el equipo de calentamiento, calentar unos 150 ml de agua hasta la temperatura de 80 °C. Con ayuda del guante térmico, verter el agua en el calorímetro, taparlo, introducir el termómetro con cero desplazado, remover suavemente con el agitador unos momentos y, transcurrido un minuto, anotar la temperatura indicada por el termómetro.
- Introducir el tubo de ensayo grueso con el termómetro en el calorímetro, anotando previamente la temperatura indicada por el mismo.
- Medir la temperatura del agua en cada recipiente, a intervalos de 20 segundos, hasta que coincidan. Entre medidas de cada lectura, agitar levemente con la varilla de vidrio el agua contenida en el tubo de ensayo grueso.
- Completar una tabla como la siguiente.

Tabla E5.2 Recogida de datos experimentales

TIEMPO [s]	TEMP. AGUA CALIENTE	TEMP AGUA FRÍA
t_1	T_{h1}	T_{c1}
t_2	T_{h2}	T_{c2}
...

- Representar gráficamente el equilibrio térmico, realizando una gráfica de temperatura vs tiempo.
- Explicar el significado de la gráfica de temperatura vs tiempo. Mediante la gráfica determinar la temperatura de equilibrio.

PRÁCTICA No. 6

TEMA: LEY DE ENFRIAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS

6.1. OBJETIVO GENERAL

✿ Comprender experimentalmente la ley de enfriamiento de Newton.

6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

✿ Medir el cambio de la temperatura del agua en función del tiempo, cuando ésta se enfría libremente desde una temperatura mayor que la temperatura ambiente.

6.3. INTRODUCCIÓN

Los cuerpos que se encuentran a temperatura mayor o menor que la temperatura ambiente, después de un tiempo tienden a llegar estar en equilibrio térmico con el medio que lo rodea. La ley que rige ese comportamiento se le conoce como Ley de enfriamiento de Newton y está dada por:

$$\Delta T = \Delta T_o e^{(-k t)} \quad (1)$$

Donde:

$\Delta T = T - T_A$ es la diferencia de temperatura del cuerpo al tiempo t con respecto a la temperatura ambiente

$\Delta T_o = T_o - T_A$ es la diferencia de temperatura del cuerpo al tiempo inicial con respecto a la temperatura ambiente

K = es una constante

t = es el tiempo transcurrido

$T = T(t)$ = es la temperatura del cuerpo al tiempo t .

T_o = es la temperatura inicial del cuerpo

T_A = es la temperatura ambiente

6.4. MATERIALES A UTILIZARSE

- Rejilla con fibra de vidrio de 15x15 cm.
- Termómetro de -10 a 110 [°C].

- Vaso de precipitado de 250 ml.
- Cronómetro.
- Agua.

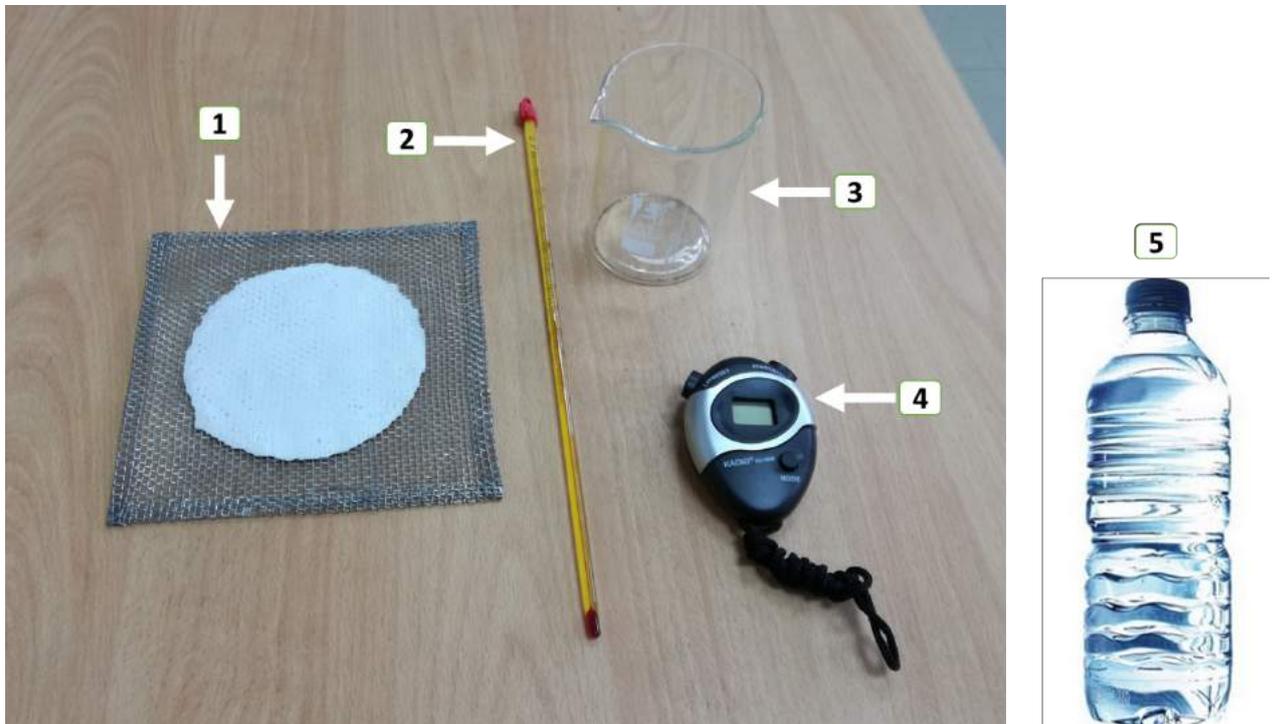


Figura E6.1 Equipos y componentes a emplearse en la práctica
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

6.5 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Vierta 200 mililitros de agua en el vaso de precipitado y caliéntela con el mechero de Bunsen hasta que alcance aproximadamente 70 grados Celsius.
2. Coloque el vaso en un lugar donde las condiciones sean uniformes, es decir, que no haya cambios bruscos de temperatura ni demasiado brisa o viento.
3. Mida la temperatura del medio ambiente T_A .
4. Enseguida, mida la temperatura inicial del agua T_o y simultáneamente ponga a funcionar el cronómetro. Esa será la temperatura inicial del agua para el tiempo $t = 0$.
5. Deje correr el cronómetro y mida el tiempo t que tarda la sustancia en bajar a 69, 68, 65, 60, 55, 50, 45, 40 y 35 grados Celsius. No es estrictamente necesario que la medición se lleve a cabo de cinco en cinco grados. A cada tiempo t anote la temperatura correspondiente $T(t)$. Importante: No detenga en ningún momento el cronómetro.

- La última medición realícela cuando la temperatura del agua no tenga cambios con respecto a la lectura anterior.

ACTIVIDADES A REALIZAR

- En el laboratorio el instructor colocará un termómetro en el centro del mismo para que pueda ser consultado por los integrantes del equipo para medir la temperatura ambiente, anote la temperatura. Es importante estar verificando permanentemente la temperatura ambiente y anotar cualquier cambio que ocurra para utilizarlo en el experimento.
- Llene la siguiente tabla con los valores de tiempo, temperatura del agua y diferencia de temperatura y usando la ecuación (1) determine el valor de k en cada renglón.

Tabla E6.1 Recogida de datos experimentales

MEDICIÓN	t (min)	$T(t)$ °C	$\Delta T = T(t) - T_A$ °C	$\ln(\Delta T) = \ln(T(t) - T_A)$ $\ln(°C)$	K
1					
2					
3					
4					
...					

- Grafique:
 - La diferencia de temperatura contra el tiempo.
 - El logaritmo de la diferencia de temperatura contra el tiempo.

▪ CONSULTAS Y PREGUNTAS

- Consultar notas sobre teoría de errores en internet.
- Consulte en Internet sobre experimentos de la Ley de Enfriamiento de Newton.
- ¿Qué pasa con los intervalos de tiempo conforme la sustancia se aproxima a la temperatura ambiental?
- ¿Cómo explica el comportamiento anterior?
- Con los resultados encontrados en forma gráfica, ¿en qué tiempo la temperatura del agua alcanzará la temperatura del medio ambiente?

6. Con ayuda de la Ley de Enfriamiento de Newton y los datos obtenidos, determine la constante k .
7. ¿De qué factores depende el valor de k ?
8. El agua se enfría porque está transfiriendo energía en forma de calor al medio ambiente, ¿cuáles son las formas concretas mediante la cual se da esa transferencia?
9. Si se empleara un calorímetro, ¿gráficamente cómo sería el comportamiento que tendría?, ¿cómo sería el valor de k en comparación con la obtenida con la del agua?
10. Si se dispone de 5 minutos para salir de casa y el café está muy caliente, ¿qué se puede hacer para acelerar el enfriamiento del café: ¿echar leche fría primero y esperar cinco minutos antes de tomarlo, o esperar 5 minutos antes de añadir la leche fría?

PRÁCTICA No. 7

TEMA: DILATACIÓN LINEAL

7.1. OBJETIVO GENERAL

- ✿ Comprender el fenómeno de la dilatación térmica lineal de un sólido y medir su coeficiente de expansión lineal.

7.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✿ Determinar experimentalmente la relación que existe entre temperatura, longitud y el coeficiente de expansión.

7.2. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la dilatación ocurre cuando un cuerpo cambia su tamaño debido a la modificación de su nivel de energía cinética, produciéndose una dilatación (aumento de temperatura) o contracción (disminución de temperatura). El espacio que se da entre las moléculas se conoce como coeficiente de dilatación y es diferente en cada material. Este fenómeno se puede considerar de tipo lineal, superficial y volumétrico dependiendo de las dimensiones que predominen o sean consideradas.

La dilatación lineal objeto de estudio de esta PRÁCTICA se presenta cuando su dimensión principal es la longitud y ocurre regularmente en cables, varillas o barras, vías de ferrocarril, entre otros.

Para su cálculo se precisan de tres factores, siendo estos:

- Longitud inicial, L .
- Incremento o variación de temperatura, ΔT .
- Coeficiente de dilatación, α .
- Parámetros que se relacionen a través del modelo matemático:

$$L_0 = \alpha L \Delta T$$

7.3. MATERIALES A UTILIZARSE

- 2 varillas.
- Aguja de dilatómetro con escala.
- Vaso de precipitados de 250 ml.
- Varilla de dilatación (Aluminio, hierro, y cobre).
- Termómetro de -10 a 110 [°C].
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Rejilla de 15x15 cm.
- 2 mangueras.
- 2 bases soporte.

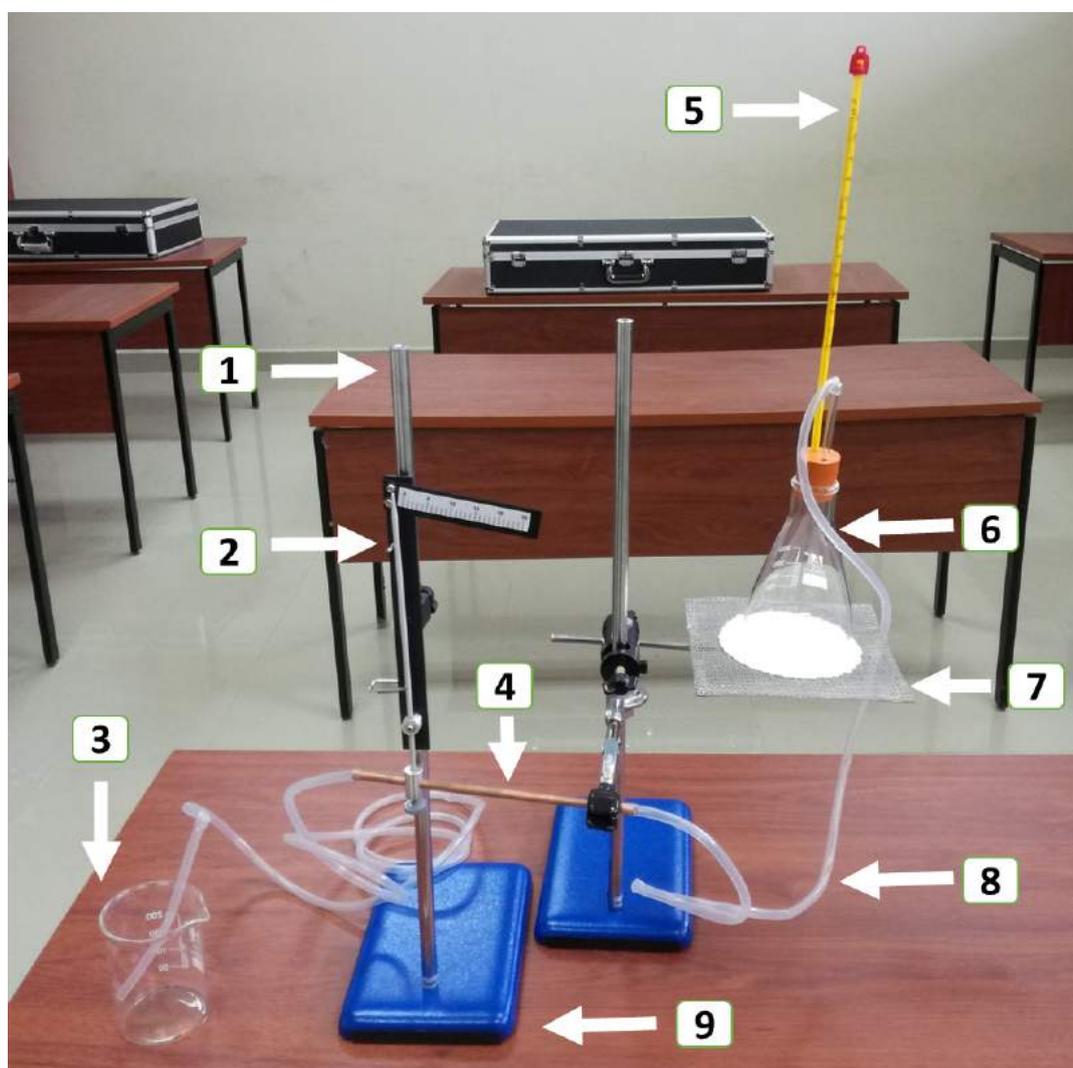


Figura E7.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

7.4. DESCRIPCION DE LA PRÁCTICA

1. Realizar el montaje indicado y con el equipo de calentamiento elevar la temperatura a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ del agua en el matraz unos 200 ml. En todo el experimento tenga cuidado con el fuego y el vapor de agua los cuales pueden producir graves quemaduras.
2. Seleccionar la varilla metálica a la que se le medirá el coeficiente de dilatación volumétrica.
3. Medir su longitud con la regla.
4. Colocar la varilla en el dilatómetro, asegurándose de que quede bien asentada y que los tapones que se encuentran en el extremo del dispositivo permitan su dilatación libre. Verifique que todos los tornillos (no el micrométrico) se encuentren bien ajustados para que ellos no contribuyan al error experimental.
5. Ajustar el tornillo lateral tratando de que el tornillo micrométrico, integrado al aparato, marque cero. En caso de no poderse ajustar a cero, anote el valor que señala para que se lo reste a las lecturas que tome durante el desarrollo del experimento. Esta parte es importante porque el tornillo micrométrico permitirá medir los cambios de longitud del material.

Importante: En todos los casos use el foquito (si posee) que tiene integrado el dilatómetro para asegurar que el tornillo micrométrico y la varilla han hecho contacto. En cuanto se enciende se ha establecido contacto entre ambos.

6. Enseguida, girar el tornillo micrométrico en el sentido apropiado para que se retire de la varilla y ésta pueda dilatarse libremente cuando sea calentada.
7. Colocar el termómetro en el aparato como se indica en la figura y deje que éste alcance el equilibrio térmico con la varilla. Una vez que este equilibrio se ha alcanzado, anote la temperatura que marca. Esta será T_0 .
8. Conectar las mangueras látex como se indica en la figura y espere a que el vapor del agua en ebullición lleve a la varilla hasta la temperatura máxima, que es un poco arriba de $99\text{ }^{\circ}\text{C}$.
9. Una vez que usted observe que la varilla ha alcanzado la máxima temperatura (el termómetro no varía de valor), girar el tornillo micrométrico en el sentido apropiado para ponerlo en contacto con la varilla y mida el cambio de longitud que ha sufrido y la temperatura correspondiente. En caso de que el dilatómetro encienda un foquito se habrá logrado el contacto, tal como se indicó en el punto 5.

10. En caso de que inicialmente el tornillo micrométrico no haya marcado cero, realice la operación de restar el valor inicial a la cantidad obtenida en el paso 9, tal como se indicó en el punto 5.
11. A continuación apague el mechero y deje que la varilla se enfríe libremente. Previamente puede fijar para qué valor de temperatura medirá el cambio en la longitud. Por ejemplo, puede ser cada vez que descienda 10 grados la temperatura de la varilla, de tal modo que pueda tener alrededor de 5 a 8 cambios de longitud, cada uno con su temperatura correspondiente.
12. Las últimas mediciones no deben hacerse para valores de temperatura próximos al valor inicial, ya que, puede conducir a errores experimentales considerables, más concretamente se pretende que sea, $T - T_0 \geq 20^\circ C$.

▪ **RESULTADOS**

1. Para cada cambio de longitud de la varilla que haya medido, obtenga el cambio de temperatura: $T - T_0$.
2. Con la longitud inicial, cada cambio de longitud y los cambios de temperatura correspondientes, halle el valor del coeficiente de dilatación lineal del material. Obtendrá tantos valores de coeficientes de dilatación lineal, como cambios de longitud y temperatura haya medido.
3. Con el conjunto de coeficientes de dilatación obtenidos, calcule:
 - El coeficiente de dilatación lineal promedio.
 - La desviación promedio y,
 - El error porcentual en la obtención del coeficiente de dilatación lineal de la varilla.

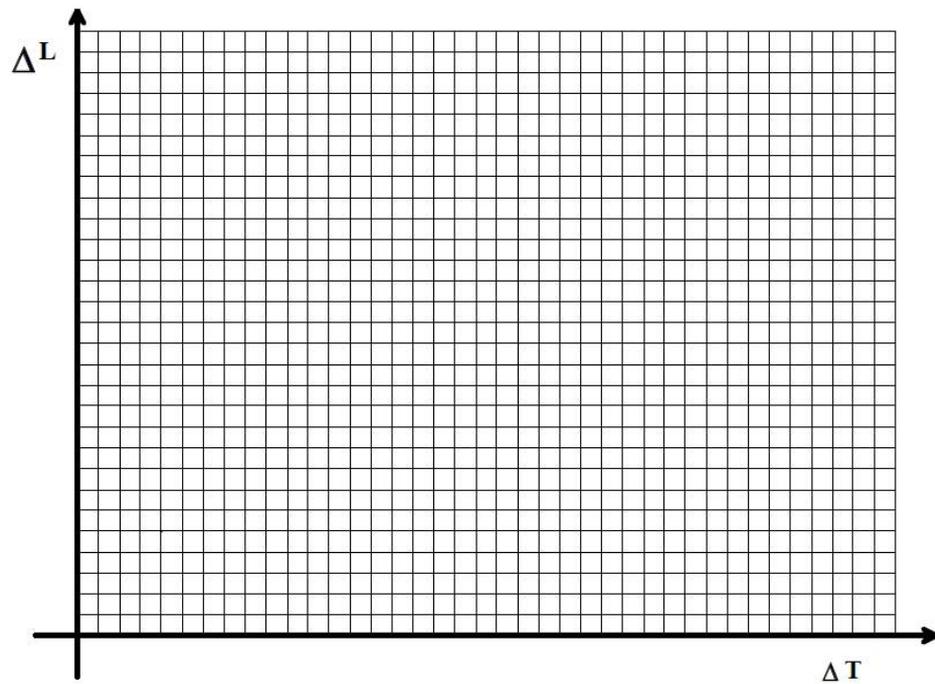
Tabla E6.1 Recogida de datos para la determinación de los parámetros de la PRÁCTICA

Medición	T	ΔT	ΔL	α	δ_p
1					
2					
3					
4					
5					
...					

$$L_o = \quad T_o =$$

$$\bar{\alpha} = \quad \bar{\delta}_p = \quad \varepsilon_p =$$

4. Grafique los cambios de longitud de la varilla en función de los cambios de temperatura experimentados.



▪ **PREGUNTAS**

1. A simple vista, ¿se nota la expansión de la varilla?, ¿por qué se tiene que usar un tornillo micrométrico para medir los cambios de volumen?
2. ¿Cómo es el error obtenido en el experimento?, ¿cuáles son las principales fuentes de error? Sea claro y concreto al señalar dichas fuentes de error.
3. ¿Cuál es el coeficiente de dilatación volumétrico del material, según el resultado que obtuvo para el coeficiente de dilatación lineal del mismo?
4. ¿Qué tipo de curva obtuvo al graficar el cambio de longitud en función del cambio de temperatura?
6. ¿Qué representa la pendiente de tal curva?
7. Si se conoce el valor de la pendiente, ¿cómo puede calcularse el coeficiente de dilatación lineal del material?

▪ **CÁLCULOS**

PRÁCTICA No. 8

TEMA: DILATACIÓN VOLUMÉTRICA DE UN LÍQUIDO

8.1. OBJETIVO GENERAL

- ✿ Analizar la dilatación volumétrica de líquidos con el cambio de temperatura y determinar su coeficiente de expansión volumétrica.

8.1. OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✿ Calcular el coeficiente de dilatación volumétrica de algunos líquidos, contrastando con los presentados en tablas.

8.2. INTRODUCCIÓN

Al igual que los sólidos, los líquidos se dilatan obedeciendo las mismas leyes, es decir, aumentan su volumen al incrementarse la temperatura, no obstante, tienen un coeficiente de expansión volumétrica varias veces mayor que el de los sólidos.

En los líquidos se puede observar dos tipos de expansión:

- **Expansión volumétrica:** En esta tendencia, el aumento de volumen se da en respuesta a un aumento de la temperatura, ya que, sus partículas empiezan a moverse y se vuelven activas, manteniendo así una separación superior a la media, no obstante; también existen sustancias que se contraen con el aumento de temperatura (el agua de 0°C hasta 4°C).
- **Comprensión térmica:** Aquí la tendencia de los líquidos es la disminución de su volumen en respuesta a un cambio de temperatura, lo cual se debe a que sus partículas empiezan a juntarse y se vuelven menos activas manteniendo así una unión superior a la media; también existen sustancias que se expanden con la disminución de temperatura (el agua cuando se congela).

La relación matemática para determinar la expansión o compresión volumétrica establece que ésta es, directamente proporcional a un coeficiente de expansión o compresión volumétrica multiplicado por su volumen inicial y la diferencia de temperaturas, o sea:

$$\Delta V = \beta V_0 (T_f - T_i)$$

Donde:

$\Delta V = V_f - V_i =$ expansión o compresión volumétrica (ml).

$\beta =$ coeficiente de expansión o compresión volumétrica ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).

$V_0 =$ volumen inicial (ml).

$T_f - T_i =$ variación de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Para calcular el coeficiente de expansión o compresión volumétrica de la fórmula anterior, se plantea el proceso algebraico de despeje, quedando ésta como sigue:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0(T_f - T_i)}$$

8.3. MATERIALES A UTILIZARSE

1. Dos termómetros de -10 a 110 [$^{\circ}\text{C}$]
2. Sujetador de termómetro.
3. Varilla soporte.
4. Tapón bihoradado.
5. Tubo de ensayo.
6. Vaso de precipitado 250 ml.
7. Rejilla con aro soporte.
8. Dos nueces dobles.
9. Base soporte.
10. Pinza para buretas.
11. Tubo capilar.
12. Agua

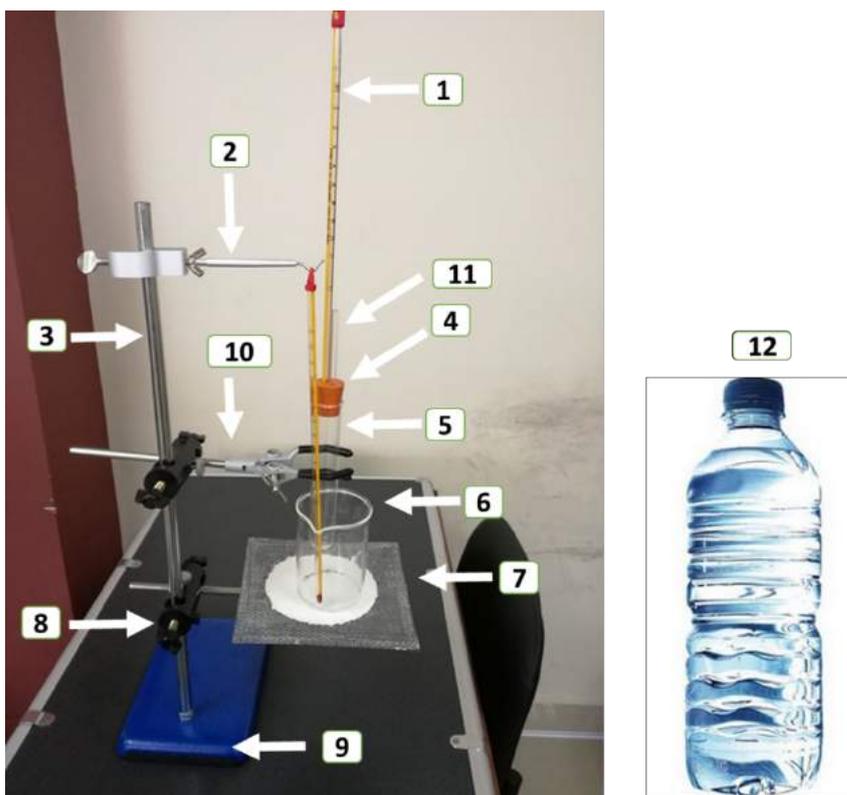


Figura E6.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

8.4 DESCRIPCION DE LA PRÁCTICA

1. Llenar el tubo de ensayo con agua coloreada con permanganato potásico y colocarle el tapón bihoradado, provisto del capilar y del termómetro.
2. El tubo de ensayo debe quedar completamente lleno de agua. Señalar la altura del líquido en el capilar (posición A)
3. Anotar la temperatura inicial T_1 .
4. Calentar agua en el vaso de precipitados hasta que alcance una temperatura de unos $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ sin introducir todavía el tubo de ensayo grande.
5. Retirar el mechero e introducir el tubo el tubo de ensayo con el capilar y el termómetro en el agua del vaso. Sujetar el tubo con la pinza.
6. Observar que el agua coloreada del capilar desciende hasta el mínimo (posición B). Señalar este nivel. Al poco tiempo el nivel sube hasta alcanzar la posición C. Tomar la temperatura (T_2).
7. El volumen comprendido entre B y C indica la dilatación real del líquido.
8. La dilatación aparente viene dada por el volumen comprendida entre A y C. La dilatación de la vasija viene dada por el volumen entre A y B. Por tanto, la dilatación real del líquido es igual a la suma de las dilataciones aparentes y de la vasija.
9. Calcular el incremento de volumen, es decir, el volumen de dilatación aparente, conociendo la sección del capilar y la distancia entre A y C
10. Medir el volumen inicial del líquido V_0 con la probeta, y determinar el coeficiente de dilatación aparente de K_a .
11. Deje que el sistema se enfríe libremente y tómnese lecturas de cambio de volumen y la temperatura respectiva. Puede también hacerse a la inversa: cuando el sistema llegue a una temperatura determinada, se observa el cambio de volumen que experimentó. Haga lo que resulte más sencillo de llevar a cabo.
12. Sólo realice lecturas de cambio de volumen para temperaturas superiores en $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la temperatura T_0 , aproximadamente.
13. En el proceso de toma de datos, esté agitando regularmente el agua contenida en el vaso de precipitados para que la temperatura sea uniforme.

▪ **RESULTADOS**

1. Para cada cambio de volumen medido, obtenga el cambio de temperatura.
2. Con el volumen inicial, cada cambio de volumen y el cambio de temperatura correspondiente, calculará un valor para el coeficiente de dilatación volumétrico del líquido.
3. Con el conjunto de coeficientes de dilatación obtenidos, calcular:
 - El coeficiente de dilatación volumétrico promedio.
 - La desviación promedio y,
 - El error porcentual en la obtención del coeficiente de dilatación volumétrica.

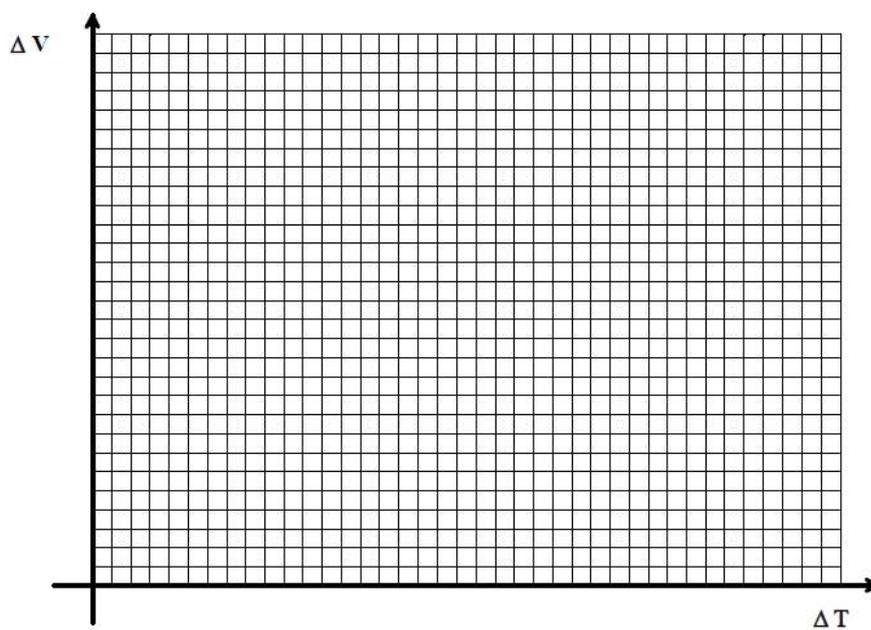
$$V_o = \quad T_o =$$

Tabla E8.1 Recogida de datos experimentales

Medición	T	V	ΔT	ΔV	P	ΔP
1						
2						
3						
4						
5						
...						

$$\bar{\beta} = \quad \overline{\delta\beta} = \quad \varepsilon_p =$$

4. Graficar el cambio de volumen de la sustancia respecto al cambio de temperatura.



▪ **PREGUNTAS**

1. ¿Cómo es el volumen de la sustancia conforme se aumenta su temperatura?
2. ¿Cómo es, entonces, su densidad conforme se incrementa su temperatura?
Argumente la respuesta.
3. ¿Cómo se comporta el agua en el intervalo de 0 a 4 °C?
4. ¿Cómo es el error porcentual obtenido en la medición del coeficiente de dilatación volumétrica de la sustancia?, ¿cuáles consideras que fueron las principales fuentes de error? Sea claro y concreto al mencionar las fuentes de error.
5. ¿Por qué la medición se realizó en el descenso de la temperatura de la sustancia y no cuando se está elevando la misma?

PRÁCTICA No. 9

TEMA: DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE EN AGUA

9.1. OBJETIVO GENERAL

- ✿ Analizar el equivalente en agua de un calorímetro de mezcla.

9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✿ Determinar la capacidad calorífica de un calorímetro.
- ✿ Comprobar la influencia del recipiente en los intercambios caloríficos entre cuerpos contenidos en él.

9.3. INTRODUCCIÓN

El calorímetro es un recipiente que permite determinar el calor específico de un cuerpo, así como medir las cantidades de calor suministradas o recibidas por los cuerpos. En la mayoría de los casos este dispositivo tiene doble pared entre las que se ha hecho el vacío o lleva un material aislante térmico que minimiza la conducción de calor, y por ello conserva muy bien la temperatura de los cuerpos que se encuentran dentro; en su tapadera lleva dos orificios, uno para introducir el termómetro y el otro para el agitador.

El producto de la masa del calorímetro por su calor específico es su capacidad calorífica, que se representa como K . Como el calor específico del agua es $1 \text{ cal/}^\circ\text{C g}$, esto equivale a considerar una masa de K gramos de agua, que absorbería (o cedería) la misma cantidad de calor que el calorímetro, para la misma variación de temperatura. Por eso a K se le llama equivalente en agua del calorímetro. El valor de K se refiere tanto al recipiente como a sus accesorios, el termómetro y el agitador.

Si dentro del calorímetro se tiene una masa de agua m_1 a la temperatura T_1 , la cual se mezcla con otra masa de agua m_2 a la temperatura T_2 , y una vez alcanzado el equilibrio térmico, entonces, el conjunto se encontrará a la temperatura de equilibrio T_e . Si K es el equivalente en agua del calorímetro y $T_2 < T < T_1$, el balance energético es:

$$Q_{cedido} = Q_{absorbido}$$
$$(m_1c + K)(T_1 - T_e) = m_2c(T_e - T_2)$$

De donde se obtiene:

$$K = \frac{m_2 c (T_e - T_2)}{(T_1 - T_e)} - m_1 c$$

Siendo, c el calor específico del agua; $c = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$.

9.4. MATERIALES A UTILIZARSE

- Base soporte con taladro.
- Varilla Metálica.
- Aro con vástago.
- Nuez doble.
- Rejilla con fibra cerámica.
- Termómetro de -10 a 100°C .
- Probeta graduada.
- Matraz Erlenmeyer 250 mL.
- Calorímetro.

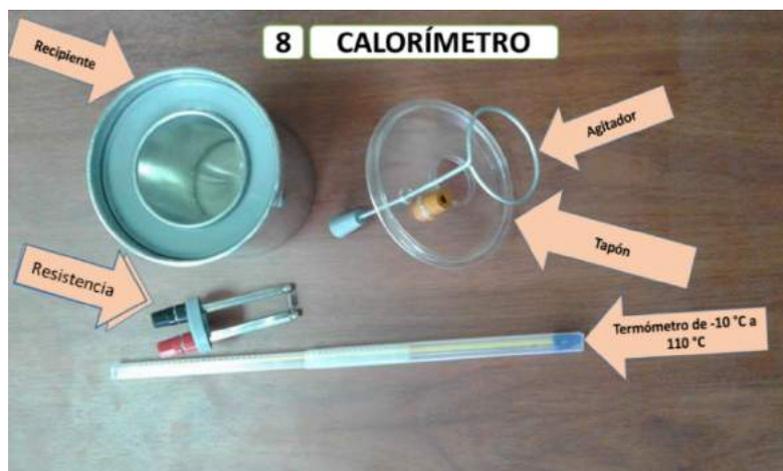
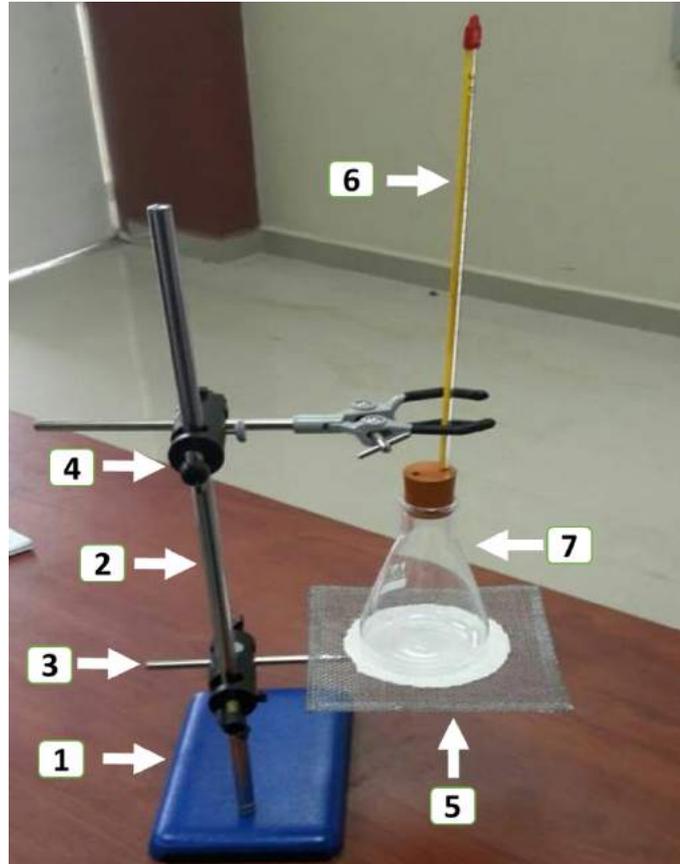


Figura E9.1 Equipos y componentes a emplearse en la práctica
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

9.5. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

- Medir 100 ml de agua con la probeta, e introducirlos en el vaso del calorímetro. Introducir en el vaso el termómetro de -10°C a 110°C y, después de un minuto, anotar la temperatura del mismo (T_1).
- Mediante el equipo de calentamiento, calentar 50 ml de agua en un vaso de precipitados, hasta 60°C . Medir la temperatura del agua (T_2) con el termómetro de -10°C a 110°C , y verterla inmediatamente, empleando el guante térmico, en el calorímetro.
- Tapar y agitar la mezcla, observando la escala del termómetro de cero desplazado. Cuando se estabilice la temperatura, anotarla (T_e).
- Completar una tabla como la siguiente.

Tabla E9.1 Recogida de datos experimentales

PROPIEDAD	Agua a mayor temperatura	Agua a menor temperatura
T_1 [$^{\circ}\text{C}$]		
T_2 [$^{\circ}\text{C}$]		
T_e [$^{\circ}\text{C}$]		
Masa, m [g]		
Calor específico, c [$\text{cal}/g^{\circ}\text{C}$]		

PRÁCTICA No. 10

TEMA: DETERMINACIÓN DEL CALOR ESPECÍFICO

10.1 OBJETIVO GENERAL

- ✿ Analizar el calor específico de algunos materiales sólidos, empleando métodos calorimétricos.

10.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✿ Calcular el calor específico de algunas sustancias, usando el calorímetro y agua como sustancia cuyo valor de calor específico es conocido.

10.3 INTRODUCCIÓN

Este experimento parte del hecho de que, si transferimos la misma cantidad de energía en forma de calor a diferentes materiales de la misma masa, el cambio de temperatura es diferente en cada material, es decir los cambios observados en cada material dependen de su *capacidad calorífica*. Si se designa al agua como sustancia de referencia ($c = 1.0 \text{ Cal/g } ^\circ\text{C}$), se puede conocer el calor específico de algún otro material, al colocarlos en contacto térmico. Normalmente se define al calor específico como la cantidad de calor (en Joules o Calorías) requeridos para elevar la temperatura $1.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ a 1.0 g de material, es decir,

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Donde, Q es la energía en forma de calor transferida, m es la masa del material y ΔT es el cambio de temperatura.

En calorimetría se utiliza el calorímetro para aislar los materiales que serán puestos en contacto térmico y al medir masas y cambios de temperatura se puede determinar el calor específico de un material. Partiendo de un análisis de las transferencias de energía en forma de calor que se presentan dentro del calorímetro, se puede determinar el calor específico. Por ejemplo, si en este proceso están involucrados tres materiales a , b y c , y si

la energía en forma de calor que transfiere a es completamente absorbida por b y c entonces:

Energía cedida por a = Energía absorbida por b + Energía absorbida por c

Relación que se puede expresar como sigue:

$$Q_a = Q_b + Q_c$$

o haciendo uso de la primera ecuación, se puede escribir la expresión:

$$m_a c_a \Delta T_a = m_b c_b \Delta T_b + m_c c_c \Delta T_c$$

De la expresión anterior y midiendo las masas y los cambios en temperaturas se puede determinar alguno de los calores específicos cuando se conocen los otros dos restantes.

En esta práctica, primero se desea determinar el calor específico del material del que está hecho el vaso interior del calorímetro (usualmente es de aluminio) suponiendo que se conozca su valor para el caso del agua. En una segunda fase se determina el calor específico de algún material sólido, conocidos los valores para el agua y el material del calorímetro, los cuales se obtendrán utilizando la última ecuación.

10.3 MATERIALES A UTILIZARSE

- Base soporte con taladro
- Varilla Metálica
- Aro con vástago
- Nuez doble
- Rejilla con fibra cerámica
- Termómetro de -10 a 100° C
- Matraz Erlenmeyer 250 ml
- Calorímetro
- Cilindros de hierro y aluminio

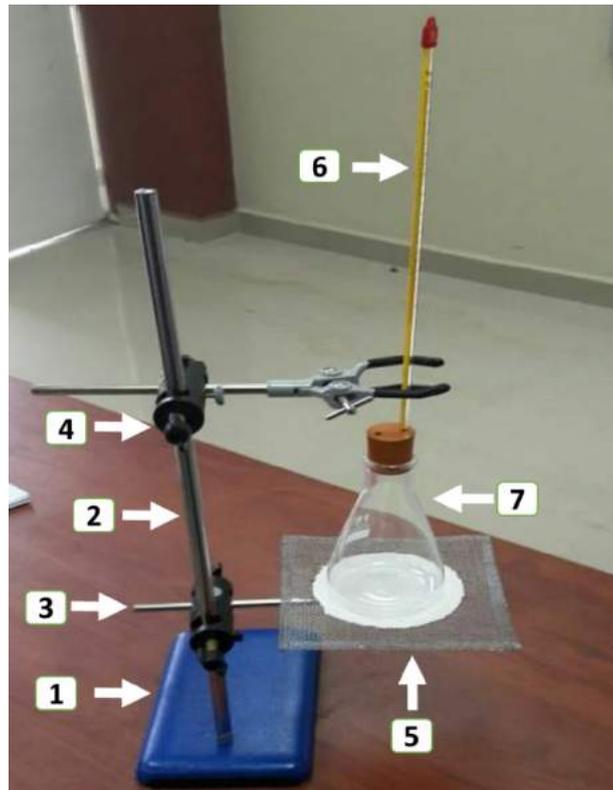


Figura E10.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

Nota: Para obtener mejores resultados en este experimento, se recomienda que la pieza que se indica en el punto 5 de esta sección, tenga una masa tal que la temperatura de equilibrio entre dicha pieza y el agua con la que se podrá en contacto, quede cerca de la mitad de las temperaturas iniciales de ambas sustancias.

10.4 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

Primera fase: Determinación del calor específico del calorímetro.

1. Mida la masa del vaso interior del calorímetro (m_c)

2. Vierta en el calorímetro 20 ml de agua (m_1) a temperatura ambiente (T_i)
3. Aísle el calorímetro y mida la temperatura de equilibrio (T_i)
4. Vierta en el calorímetro 60 ml de agua (m_1) a una temperatura aproximadamente de 70 °C (T_i')
5. Mida la temperatura de equilibrio (T_f)

Este procedimiento permite ahora aplicar la última ecuación, la cual nos permite determinar

$$c_{calorimetro} = \frac{c_{agua} [m_2(T_f - T_i) - m_1(T_f - T_i)]}{m_c(T_f - T_i)}$$

Segunda fase:

1. Medir la masa del vaso interior del calorímetro (m_1).
2. Medir la masa total del calorímetro (incluyendo el termómetro).
3. Medir la masa total (calorímetro, material y termómetro) (m_3).
4. Determinar la masa del material (m_2).
5. Disponer de 50 mililitros de agua, aproximadamente a 70 °C.
6. Medir la temperatura inicial del material y el vaso interior del calorímetro (T_1).
7. Disponer el agua con las condiciones del punto 5 y verter en el calorímetro. En condiciones de equilibrio térmico medir la temperatura (T_f).
8. Medir la masa total del calorímetro con la pieza de material, el agua que vació y el termómetro
9. Determine la masa de agua vertida (m_3), tomando en cuenta el resultado del punto 3 y 8.
10. Vaciar el agua del calorímetro a un vaso de precipitados y calentar hasta la temperatura indicada en el punto 5.
11. Bañar con agua fría la pieza de material y el vaso interior del calorímetro para disminuir su temperatura y secar las piezas.
12. Colocar el vaso interior del calorímetro en su lugar y poner la pieza dentro del calorímetro. En estas condiciones, repetir el procedimiento desde el paso 6 hasta el 10.
13. Repetir el procedimiento para obtener 3 valores de calor específico del material.

PRECAUCIONES:

- Para los puntos 1 y 2 pueden ser determinantes las condiciones de seco y limpio.
- Para el punto 6, medir en condiciones de equilibrio térmico.

- Para el punto 7, debe tener cuidado en no verter agua en el espacio intermedio del calorímetro y colocar la tapa del calorímetro para aislar el sistema ya que se introducen errores importantes en las lecturas.

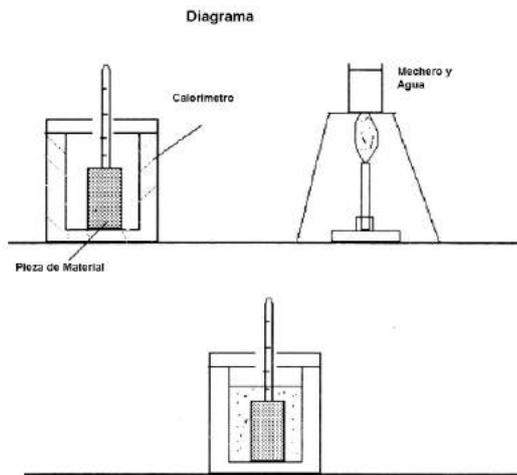


Figura E10.2 Esquema del proceso experimental

- **ACTIVIDADES A REALIZAR**

1. Partiendo del conocimiento de:

- el calor específico del agua $c = 1.0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
- las masas medidas: m_1, m_2, m_3
- las temperaturas medidas: T_1, T_2, T_f .

deberá calcular el calor específico del material.

2. Para obtenerlo, haga un análisis de las transferencias de energía en forma de calor en todos los materiales involucrados que fueron puestos en contacto térmico. Recordar que cuando dos objetos son puestos en contacto térmico, la transferencia de energía en forma de calor transferida por uno de los objetos es completamente absorbida por el otro, es decir,

$$Q_g = Q_p$$

3. Con los tres valores de calor específico medidos, deberá obtener:

- El calor específico promedio.
- La desviación promedio.
- El error porcentual.

Tabla E10.1 Recogida de datos experimentales

Medición	T_i	T_2	T_f	M_3	\bar{C}	$\overline{\delta C}$
1						
2						
3						

$$m_1 =$$

$$m_2 =$$

$$\bar{C} =$$

$$\overline{\delta C}$$

$$\varepsilon_p =$$

▪ **CONSULTAS Y PREGUNTAS**

1. Consultar tabla de calores específicos de los elementos en internet.
2. Para la determinación de calor específico de un líquido consultar información en textos.
3. Consultar notas sobre teoría de errores en internet.
4. Diferentes materiales tienen valor diferente de calor específico, esto determina en gran medida las aplicaciones que pueden ser hechas con el material. Investiga los valores del calor específico de diversos materiales (sólidos y líquidos) y su uso, con base en esta propiedad termodinámica.
5. ¿Cuál fue el error porcentual obtenido en el experimento?, ¿cuáles son las principales fuentes de error en este experimento? Sea claro y concreto al señalar las fuentes de error.
6. ¿Por qué la temperatura final de equilibrio no quedó muy cerca de la temperatura del agua? Explique su respuesta.
7. ¿Por qué en el experimento se tiene que tomar en cuenta el vaso interior y no así el vaso exterior del calorímetro que es también de aluminio?
8. Conocido el valor del calor específico del material, ¿cuánta energía en forma de calor se necesita transferirles a 100 g de este material para elevar su temperatura en 10 °C?, ¿y al agua?

PRÁCTICA No. 11

TEMA: CALOR DE FUSIÓN DEL HIELO

11.1 OBJETIVO GENERAL

- ✿ Comprender experimentalmente la ley de conservación de la energía en sistemas sin reacción química.

11.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✿ Determinar el calor de fusión del hielo, conociendo el calor específico del agua.

11.3 INTRODUCCIÓN

Cuando se suministra energía en forma de calor a un cuerpo, a presión constante, el resultado es un incremento de la temperatura del cuerpo. En ocasiones el cuerpo puede absorber grandes cantidades de calor sin variar su temperatura, esto ocurre durante un cambio de fase, es decir, cuando la condición física de la sustancia está variando de un estado de agregación a otro (por ejemplo, de sólido a líquido).

Se necesita una cantidad específica de energía para el cambio de fase de una cantidad determinada de sustancia, esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = mL_f$$

Aquí, L_f (calor latente de fusión) es la cantidad de energía en forma de calor (en calorías) que se requiere para fundir una masa de sustancia cuando ésta se encuentra en su punto de fusión.

Para el caso particular del agua, si inicialmente ésta se encuentra en la fase sólida (hielo) a -10°C y luego se le transfiere energía en forma de calor, en primer lugar, su temperatura cambiará de -10°C a 0°C , y, después se transformará de hielo a agua líquida, sin sufrir cambios en su temperatura.

Si inicialmente se dispone de una masa de hielo m_3 a 0°C y en el calorímetro de masa m_1 se tiene una masa de agua m_2 a una temperatura inicial, T_1 , y luego, al introducir el hielo en el calorímetro se tendrá que la energía que absorbe el hielo es igual a la energía que cede el calorímetro más la energía que cede el agua líquida, es decir,

$$Q_h = -(Q_c + Q_a)$$

la cual puede escribirse como:

$$m_3 L_f [m_1 c_c (T_f - T_i) - m_2 c_a (T_f - T_i)]$$

De esta expresión al despejar al calor latente de fusión, se obtiene finalmente:

$$L_f = \frac{(T_f - T_i)(m_1 c_c + m_2 c_a)}{m_3}$$

Aquí $c_c = 0.22 \text{ Cal/g}^\circ\text{C}$ es el calor específico del aluminio, $c_a = 1.0 \text{ Cal/g}^\circ\text{C}$ es el calor específico del agua y T_f es la temperatura final de equilibrio.

11.4 MATERIALES A UTILIZARSE

1. Base soporte con Taladro.
2. Varilla Metálica
3. Aro con vástago
4. Nuez doble
5. Rejilla con fibra cerámica
6. Termómetro de -10 a 100°C .
7. Matraz Erlenmeyer 250 ml.
8. Calorímetro
9. Hielo.

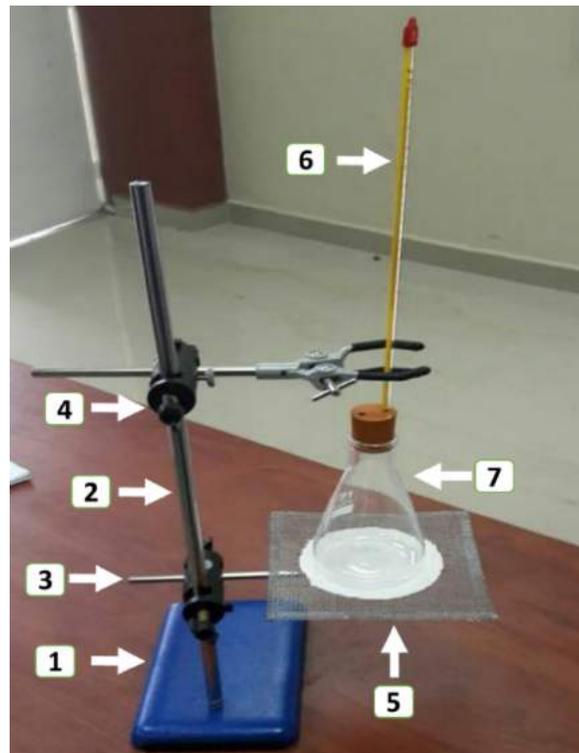


Figura E11.1 Equipos y componentes a emplearse en la práctica

Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

11.5 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. En un calorímetro de doble vaso de aluminio medir la masa del vaso interior (m_1).
2. Medir la masa del calorímetro, con tapadera y termómetro.
3. Calentar alrededor de 150 ml de agua hasta una temperatura entre 40 y 50 °C.
4. Verter el agua en el calorímetro y colocar la tapadera con el termómetro.
5. Medir la masa total que incluirá: El calorímetro con su tapadera, el agua y el termómetro.
6. Con las masas medidas en los pasos 2 y 5, obtener la masa de agua dentro del calorímetro (m_2).

7. Colocar trozos de hielo sobre una servilleta para cerciorarse de que éstos empiezan a mojarla por la fusión de los mismos. Esto asegurará que los trozos de hielo se encuentran en el punto de fusión y que por lo tanto su temperatura es de cero grados Celsius.
8. Medir la temperatura del agua en el calorímetro (T_1).
9. Introducir los trozos de hielo en el calorímetro y medir la masa total que incluirá: El calorímetro con su tapadera, el agua, el termómetro y el hielo.
10. Con las masas medidas en los puntos 5 y 9, determine la masa de hielo que depositó en el calorímetro (m_3).
11. Agite con el termómetro el agua del calorímetro (sin quitar la tapadera) para que todo el hielo se funda hasta alcanzar la temperatura final de equilibrio.
12. Verificar que se ha alcanzado el equilibrio térmico por medio del termómetro, el cual deberá marcar una temperatura constante (T_f).
13. Vaciar el calorímetro, secar todas las partes y volver a repetir el procedimiento al menos una vez, a partir del paso 2.

DIAGRAMA

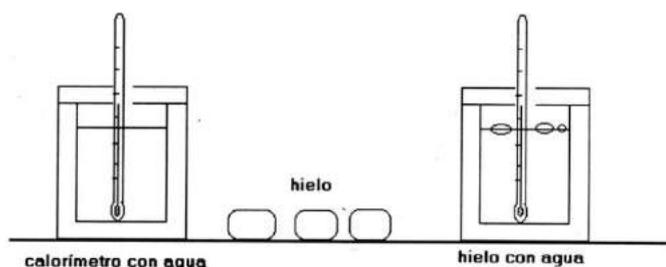


Figura E11.2 Esquema del proceso experimental

▪ **ACTIVIDADES A REALIZAR**

1. A partir de los datos obtenidos, calcular el calor de fusión del hielo, estos datos son:
 - la masa del vaso interior del calorímetro (m_1).
 - la masa de agua (m_2)
 - la temperatura inicial del agua y del vaso interior de aluminio (T_1).
 - la masa de hielo (m_3), con su correspondiente temperatura inicial, que es cero grados Celsius.
 - la temperatura final de equilibrio (T_f).
2. Es importante que para calcular el calor de fusión del hielo, se determine:
 - Los cambios o transformaciones que se efectuaron en m_x , m_2 y m_3 .
 - ¿Cómo se llevaron a cabo las transferencias de energía en forma de calor?.

3. Con los datos obtenidos en la(s) repetición(e)s del experimento, se deberá reportar los valores del calor de fusión del hielo y con ellos obtener:

- El valor promedio,
- La desviación promedio y
- El error porcentual.

$$m_1 =$$

Tabla E11.1 Recogida de datos experimentales

Corrida	m_2	m_3	T_i	T_f	L	δL

▪ **CONSULTAS Y PREGUNTAS**

1. Consultar en Internet una simulación sobre la solidificación de agua en: <http://charm.cs.uiuc.edu/users/olawlor/projects/demos/demo8/demo.html>.
2. Consultar en Internet, cómo es el cambio de la temperatura con el tiempo para los diferentes cambios de fase, <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/Thermochem/Time-Temperature-Graph.html>.
3. ¿Cuál es el error porcentual obtenido en la medición del calor de fusión del hielo?
¿Cuáles son las fuentes principales de error en el experimento? Sea claro y concreto al identificar esas fuentes.
4. ¿Cómo es el valor promedio obtenido, comparado al valor conocido del calor de fusión del hielo?
5. La última expresión de la introducción, toma en cuenta que la temperatura inicial del hielo es 0 °C ¿En qué forma cambia ésta si el hielo inicialmente está a -5 °C?
6. ¿Por qué se tiene que tomar en cuenta al vaso interior del calorímetro?
7. ¿Cuánta energía en forma de calor se necesita transferirle a 1.0 g de hielo para fundirse?
8. ¿Cuánta energía en forma de calor se necesita transferirle a 1.0 g de agua para elevar su temperatura en 1 °C?
9. ¿Por qué requiere transferirle tanta energía en forma de calor a 1.0 g de hielo para fundirse, comparándolo con la energía que requiere 1.0 g de agua para elevar su temperatura en 1 °C?

PRÁCTICA No. 12

TEMA: CALOR LATENTE DE VAPORIZACION DEL AGUA

12.1 OBJETIVO GENERAL

- ✿ Comprender el fenómeno del calor de fusión del hielo conociendo el calor específico del agua.

12.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- ✿ Determinar el calor de fusión del hielo, conociendo el calor específico del agua.

12.3 INTRODUCCIÓN

Calor latente o calor de cambio de estado, es la energía absorbida por las sustancias al cambiar de estado: de sólido a líquido (calor latente de fusión) o de líquido a gas (calor latente de vaporización). Al cambiar de gaseoso a líquido, y de líquido a sólido, se devuelve la misma cantidad de energía.

Cuando se aplica calor al agua, va subiendo de temperatura hasta que llega a 100 °C (temperatura de cambio de estado). A partir de ello, aun cuando se le siga aplicando calor, la temperatura no cambia hasta que se evapore todo. Esto es debido a que el calor se emplea en la evaporización del agua.

El calor ganado por el agua a menor temperatura se puede determinar con la siguiente ecuación,

$$Q = (m_1 + E) \cdot C_{agua} \cdot (T - T_{inicial\ agua})$$

El calor cedido por el vapor se puede determinar con la siguiente ecuación.

$$Q = m_{vapor\ condensado} \cdot L_v + m_{vapor\ condesado} \cdot C_{agua} \cdot (100 - T_{equilibrio})$$

Al igualar las ecuaciones anteriores se puede determinar el calor latente de vaporización.

12.4 MATERIALES A UTILIZARSE

- Base de soporte.
 - Varilla de soporte.
 - Nuez doble.
 - Pinza de bureta.
 - Aro soporte.
 - Rejilla de asbesto.
 - Termómetro de -10°C a 110°C .
1. Tubo de silicona.
 2. Calorímetro.
 3. Probeta graduada de 250 mL.
 4. Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
 5. Tapón bihoradado.
 6. Tubo acodado 10x10 cm.

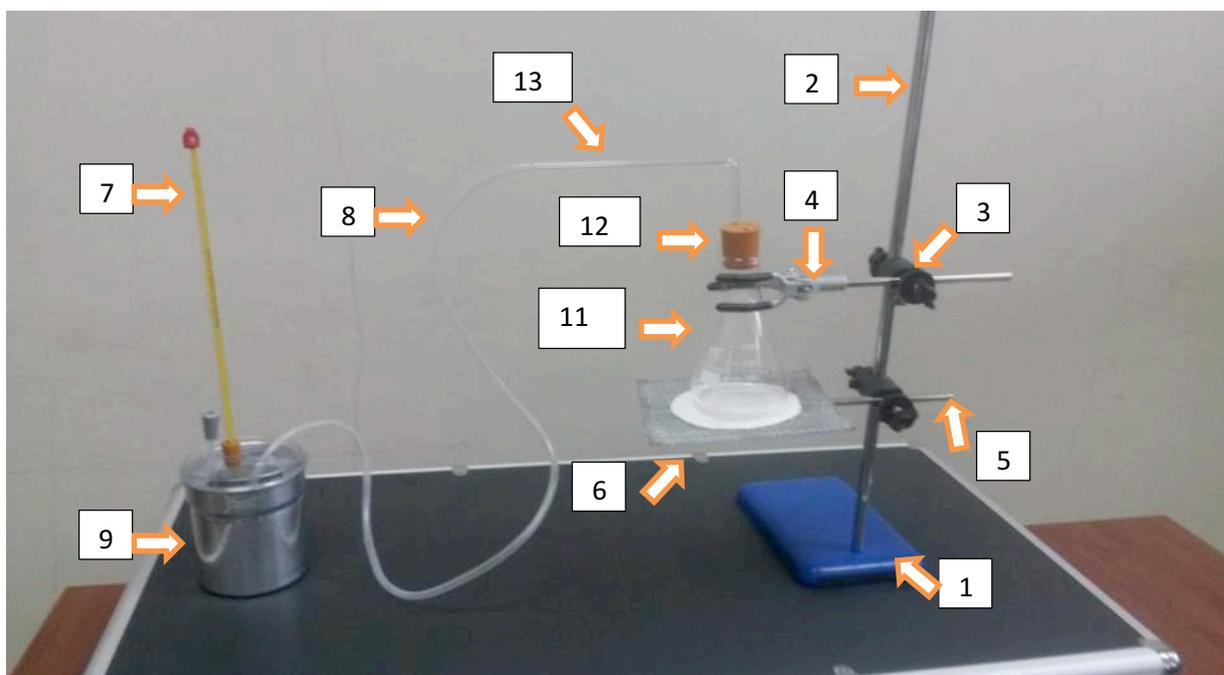


Figura E12.1 Equipos y componentes a emplearse en la PRÁCTICA
Fuente: Laboratorio de Ciencias Físicas, UTEQ, 2017

12.5 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

- Introducir en el calorímetro 125 ml de agua del grifo. Agitar suavemente y medir la temperatura. Anotarla en la tabla.
- Montar la base y varilla soporte, las dos nueces, el aro soporte con rejilla y situar el mechero de gas debajo.
- Llenar de agua el matraz hasta la mitad, aproximadamente. Tapar con el tapón bihoradado provisto de termómetro y del tubo acodado al que se acopla el tubo de silicona. Situar el matraz sobre la rejilla.
- Calentar el matraz hasta que el agua hierva y se desprenda vapor por el tubo de desprendimiento. Introducir el extremo de este calorímetro.
- Remover suavemente hasta que la temperatura del agua del calorímetro sea de unos 22 °C. Retirar el tubo de desprendimiento y medir la temperatura del agua restante y registrarla.
- Medir el volumen de agua del calorímetro y calcular la masa de vapor condensada.

Completar la tabla siguiente:

Tabla E12.1 Recogida de datos experimentales

Masa inicial de agua	125 g
Temperatura inicial del agua	
Temperatura de ebullición del agua	100 °C
Temperatura de equilibrio	
Masa de vapor condensado	
Equivalente en agua	

CONSULTAS Y PREGUNTAS

- Consultar en Internet una simulación sobre la evaporización del agua y explicarlo.
- ¿Cuánta energía en forma de calor se necesita transferirle a 100 g de agua para evaporarse?
- Consultar el calor de vaporización del agua, y determinar el error cometido al compararlo con el obtenido experimentalmente, e indicar las fuentes de error.



BIBLIOGRAFÍA

1. Burbano de Ercilla, S., Burbano, E., Gracia M., (2007). *PROBLEMAS DE FÍSICA*. Madrid, España. Ed. Tébar S. L.
2. Cernuschi, F., Signorini, E., (1995). *Enseñando Física Mediante Experimentos*. Buenos Aires, Argentina. Eudeba Editorial Universitaria.
3. Hewitt, P., (2007). *Física conceptual*. México, México. Décima edición. Pearson Educación.
4. Holman, J., (1990). *Métodos experimentales para ingenieros*. México, México. McGraw Hill.
5. Miners, R., Eppenstein, W., Shannon, R., (2001). *Laboratory Physics*. United States. Editorial Jhon Wuley & Sons.
6. Mott, R., (2006). *Mecánica de fluidos*. Wesley Iberoamericana, Sexta Edición.
7. Sears, W., Zemansky, M., Young, H., Freedman, R., (2009). *Física universitaria*. México, México. Decimosegunda edición, volumen 1. Pearson Educación.
8. Serway, R., Jewett, J., (2008). *Física para Ciencias e Ingenierías*. Volumen I, Cengage Learning.
9. Tipler, P., Mosca, G., (2008). *FÍSICA para la ciencia y la tecnología*. Barcelona, España. Volumen 1, Ed. Reverté, S.A.
10. Universidad Nacional Mayor San Marcos de Lima, (2017). *Laboratorio de Física. General*. Lima, Perú. Undécima Edición.

Omar Arturo Cevallos Muñoz

Docente principal Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ingeniero Naval, Master en Diseño, Gestion y Direccion de Proyectos Practica Docente Universitaria, Diseños Pedagogicos Universitarios, Especialista en Docencia Matematica curso de "Autodesk inventor", duracion 40h, 2016, curso de "Fundamentos de comunicación científica y elaboracion de articulos científicos", duracion 120h, 2016, curso de "Matlab & Simulink aplicado a la ingeniería", duracion 40h, 2017, ponencia "Evaluacion de la sostenibilidad de una cadena de suministro en Ecuador", cuba, 2017. curso-taller: "Metodologia de la investigacion", duracion 40h, 2018, curso-taller: "Estadística multivariante", duracion 40h, 2018, Reconocimiento a la creatividad, facultad de ciencias agrarias, 2008

Jorge Luis Guadalupe Almeida, Magíster en Ciencias de la Ingeniería Mecánica por la Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso – Chile. Actualmente, se desempeña como Coordinador de la Carrera Ingeniería Mecánica y docente en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Entre las unidades de aprendizaje que imparte se destacan las relacionadas con áreas profesional y básica como: Diseño de Máquinas, Diseño de Elementos de Máquinas y Física I. Además, ha sido director de varios proyectos de titulación cuya principal línea de investigación se encamina en el diseño de maquinaria y automatización de la misma. Su publicación más relevante: "Mathematical modeling of natural solar drying process in lateritic mineral deposits". Siendo Ingeniero Mecánico, se desempeñó como diseñador, fiscalizador e ingeniero de montaje en varios Proyectos Mecánicos para la empresa ESACERO S.A., cuyas labores principalmente las desarrollaba en varios bloques petroleros del oriente ecuatoriano.

ISBN: 978-9942-33-087-1



compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica