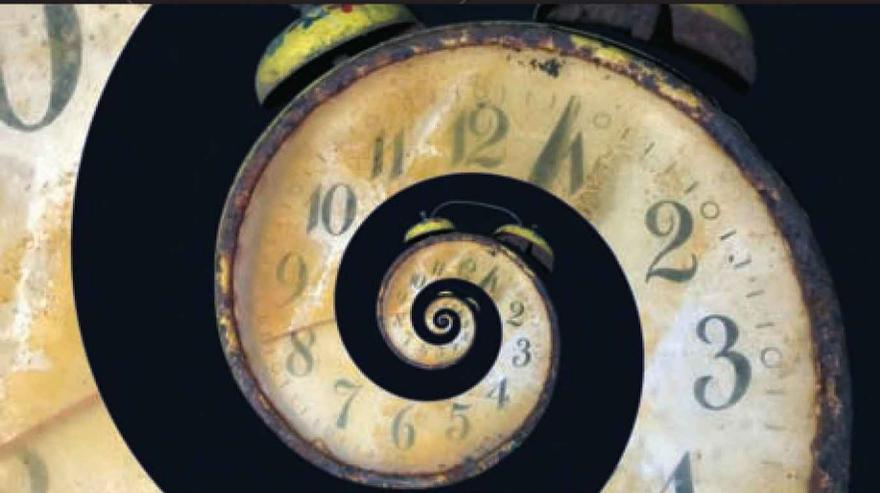


Dimensiones, unidades y conceptos de termodinámica



La termodinámica se desarrolló a partir de la necesidad de aumentar la eficiencia de las primeras máquinas de vapor. También contribuyó el científico Carnot (al que le debemos el ciclo de Carnot), quien dedujo que no es posible construir un dispositivo mecánico que sea capaz de transformar totalmente el calor en trabajo y comenzó el desarrollo de la termodinámica. Más tarde, Kelvin y Celsius (a los que debemos dos escalas termométricas: la escala en kelvin y la escala en grados Celsius) desarrollaron los contenidos teóricos y matemáticos de la termodinámica y la convirtieron en una ciencia.

En las diferentes aplicaciones de la termodinámica, se utilizarán distintas dimensiones, como pueden ser presión, fuerza, energía y potencia, y conceptos relacionados con la temperatura con o sin las dilataciones de los cuerpos.

1

Contenidos

- 1.1. Dimensiones y unidades
- 1.2. Termodinámica
- 1.3. Procesos termodinámicos
- 1.4. Dilataciones de los cuerpos
- Resumen
- Actividades finales

Objetivos

- Conocer las distintas dimensiones y sus unidades.
- Reconocer la importancia de las leyes de la termodinámica.
- Clasificar los procesos termodinámicos.
- Distinguir las diferentes dilataciones y sus aplicaciones.

1.1. Dimensiones y unidades

Las **dimensiones** nos sirven para caracterizar una cantidad física. Ejemplos de dimensiones son la longitud en una tubería, el espesor de un muro a través del cual se transfiere calor o la temperatura de un gas. Son dimensiones la masa (M), la longitud (L), el tiempo (t), la temperatura (T), la velocidad (v), la energía (E) y el volumen (V).

Las **unidades** son magnitudes arbitrarias utilizadas para medir esas dimensiones. Ejemplos de unidades son los grados Celsius (°C) para medir temperatura, los metros (m) para medir longitud o los julios (J) para medir energía.

Existen varios sistemas de unidades y los más utilizados son el sistema internacional (SI) y el sistema inglés.

A continuación, veremos las dimensiones utilizadas en máquinas y en equipos frigoríficos y las unidades en las que podemos medirlas:

- **Longitud (L).** Las unidades en las que podemos medir la longitud son el **metro (m)** en el SI y los **pies (ft)** y los **pulgadas (in)** en el sistema anglosajón.

De las unidades del sistema inglés, la más utilizada en máquinas térmicas es la pulgada, ya que sirve para medir los diámetros de las tuberías de cobre de los equipos.

$$1 \text{ pulgada} = 1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

SABÍAS QUE...

Los sensores de temperatura permiten medir y regular la temperatura donde sea necesario.



SABÍAS QUE...

Suelen utilizarse las pulgadas para denominar las tuberías. Así, si nos dicen que tenemos una tubería de ½ in, nos están indicando que su diámetro exterior es de ½ in.

Actividad resuelta

- 1.1.** Calcula el diámetro interior del tubo de cobre de ½ in de una instalación frigorífica si su espesor es de 0,7 mm.

Solución:

Sabiendo que 1 in = 2,54 cm, podemos obtener que ½ in = 1,27 cm = 12,7 mm. Por tanto, sabiendo que el diámetro exterior es de 12,7 mm y que el espesor es de 0,7 mm, podemos decir que el diámetro interior será:

$$\text{Diámetro interior} = \text{diámetro exterior} - (2 \times \text{espesor}) = 12,7 - (2 \times 0,7) = 10,6 \text{ mm}$$

- **Masa (M), Fuerza (F) y Peso (pe).** En el SI, la unidad para medir la **masa** es el **kilogramo (kg)** y, en el sistema anglosajón, es la **libra masa (lbm)**. Esta última, normalmente, no la utilizaremos.

Para medir la **fuerza**, utilizaremos unidades del SI, la unidad utilizada es el **newton (N)**. Así, 1 N será la fuerza que hay que aplicar para que una masa (M) de 1 kg se desplace con una aceleración (a) de 1 m/s².

$$F = M \times a$$

La unidad utilizada para medir el **peso** en el SI también es el **newton (N)**, ya que se trata de la fuerza con la que la Tierra atrae a los cuerpos. En el caso del peso, la aceleración con la que la Tierra atrae a los cuerpos, es decir, la gravedad (g), es siempre la misma: **9,81 m/s²**.

$$\text{Peso} = M \times g$$

Cabe indicar que el peso también podemos indicarlo a partir de la densidad (d) y el volumen del cuerpo, ya que la densidad de un cuerpo es la relación entre la masa de ese cuerpo y el volumen (V) que ocupa, es decir:

$$d = M/V$$

$$\text{Peso} = V \times d \times g$$

Puesto que la densidad también es la inversa del volumen específico (V_{esp}), podemos decir que:

$$d = 1/V_{\text{esp}}$$

Además del newton, existe otra unidad muy utilizada para la medida del peso: el **kilopondio (kp)**, que es un kilogramo-fuerza.

$$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$$

SABÍAS QUE...

Si tenemos un cuerpo de 1 kp, quiere decir que su masa es de 1kg. Por eso, en el lenguaje coloquial, suele utilizarse la palabra *kilos* para denominar el peso de un cuerpo.

Actividad resuelta

1.2. A una masa de 14 kg se le aplica una fuerza de 21 N. Determina la aceleración producida.

Solución:

Si $F = M \times a$, $a = F/M$.

$$21/14 = 1,5 \text{ m/s}^2$$

Actividad propuesta

1.1. Calcula la fuerza que se aplica sobre un cuerpo de 400 kg para que su aceleración sea de 7 ft/s².

- **Energía (E).** La unidad de energía en el SI es el **julio (J)**. De tal forma que 1J es la energía que se transmite a un cuerpo cuando, aplicando una fuerza de 1 N, se desplaza 1 m de distancia.

$$J = N \times m$$

En maquinas térmicas, suelen utilizarse unidades de energía, ya que es en la unidad en la que se mide la transferencia de calor. Normalmente, se utiliza el múltiplo del julio, el **kilojulio (kJ)**.

Además del kJ, en instalaciones térmicas, suelen emplearse las **calorías (cal)** y su múltiplo las **kilocalorías (kcal)**. La caloría es la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar un grado Celsius la temperatura de un gramo de agua pura a una presión de una atmósfera. En el sistema anglosajón, en lugar de kilocalorías, lo que utilizan son los **Btu (British Thermal Unit)**.

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ} = 4 \text{ Btu}$$

Para máquinas frigoríficas, se empleará, además, otra unidad de energía que será la **frigoría (fg)**. Cuando hablamos de maquinas térmicas, nos referimos a que se produce una transferencia de calor. Lo que hacemos es extraer calor, por lo tanto, el medio del que extraemos calor se quedará más frío y tendremos otras unidades, que serán las frigorías. Como la unidad es una medida de la extracción de calor, entonces, una frigoría será una kilocaloría con signo negativo.

$$1 \text{ fg} = -1 \text{ kcal}$$

Por otra parte, la energía también puede medirse en **kilovatiohora (kWh)**, unidad que se relaciona con la potencia, que es la siguiente dimensión que vamos a estudiar.

Actividad propuesta

1.2. Un cuerpo transfiere a otro 676,45 cal en función de su diferencia de temperaturas. Calcula a cuántos julios equivalen esas calorías.

SABÍAS QUE...

Existe otra unidad para medir la potencia y es el caballo de vapor (CV), que proviene del caballo de potencia (hp) que se utiliza en América.

El caballo de potencia surgió en el siglo XVIII para relacionar la potencia que podía desarrollar la máquina de vapor con respecto a la potencia que desarrollaban los caballos, que se utilizaban para mover molinos, levantar pesos, mover carruajes y otras aplicaciones.

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

Actividad resuelta

- 1.3. En una habitación, necesitamos un aporte de 2.689,15 kcal.
- ¿Cuántos julios equivalen a esa cantidad?
 - ¿A cuántos Btus equivale?

Solución:

- $2.689,15 \text{ kcal} \times (4,18 \text{ kJ}/1 \text{ kcal}) \times (1.000 \text{ J}/1 \text{ kJ}) = 11.240.647 \text{ J}$
- $2.689,15 \text{ kcal} \times (4 \text{ Btu}/1 \text{ kcal}) = 10.756,6 \text{ Btu}$

- **Potencia (P).** La unidad en el SI de la potencia es el **vatio (W)**. Aunque, normalmente, en máquinas térmicas, utilizaremos el múltiplo **kilovatio (kW)**.

Por otro lado, cabe preguntarse **¿qué relación existe entre la potencia y la energía?** La respuesta es sencilla. Podemos considerar la potencia como la energía que se trasmite por unidad de tiempo.

$$\text{Potencia} = \text{energía}/\text{tiempo}$$

Esto da lugar a otra unidad para la medida de la potencia, que serán las **kcal/h**.

$$1 \text{ kW} = 860 \text{ kcal/h}$$

Si queremos expresar la potencia en unidades del sistema anglosajón, entonces, la mediremos en **Btu/h**.

$$1 \text{ kcal/h} = 4 \text{ Btu/h}$$

- **Presión (p).** La unidad en el SI es el **pascal (Pa)**, aunque, para maquinas térmicas, normalmente, se utilizan los múltiplos **kilopascal (kPa)** y **megapascal (MPa)**.

$$1 \text{ Pa} = 1.000 \text{ kPa} = 1.000.000 \text{ MPa}$$

Puesto que la presión (p) es la fuerza (F) que se aplica por unidad de superficie (S), podemos decir que:

$$p = F/S$$

Así pues, podemos decir que:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Otras unidades para medir presión que también serán utilizadas en máquinas térmicas son el **bar (bar)**, la **atmósfera de presión (atm)**, los **metros de columna de agua (mca)** y los **milímetros de columna de mercurio (mmHg)**.

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 10,33 \text{ mca} = 760 \text{ mmHg}$$

En el sistema anglosajón, la presión se mide en **psi**, que es la presión que ejerce 1 libra fuerza sobre una superficie de 1 in².

$$14,696 \text{ psi} = 1 \text{ atm}$$

Cuando medimos la presión en el vacío, obtenemos la presión absoluta. Entonces, si medimos la presión con un manómetro, ¿qué medida de presión obtenemos? Lo que estamos midiendo realmente es la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica y la llamamos *presión relativa* o *manométrica*. Por lo tanto:

$$P_a = P_{rel} + P_{at}$$

P_a : presión absoluta.

P_{rel} : presión relativa.

P_{atm} : presión atmosférica.



Figura 1.1. Manómetro

- **Temperatura (T)**. La unidad en el SI es el **kelvin (K)** y en el sistema anglosajón los grados **Rankine (R)**, aunque estos últimos están en desuso. Además de estas, existen otras dos unidades muy empleadas que son los grados **Fahrenheit (°F)** y **Celsius (°C)**.

■ SABÍAS QUE...

La presión atmosférica sobre un punto es el peso de una columna de aire que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera.

Esto puede aplicarse para todos los fluidos (líquido o vapor) de forma que:

$$p = d \times g \times h$$

Donde p es presión, d es densidad, g es aceleración de la gravedad y h es la altura de la columna del fluido.

De acuerdo con lo anterior, diremos que estas tres escalas de temperatura son las más empleadas:

1. **Escala de temperatura Kelvin.** Es la única que es una escala absoluta (la de Rankine también lo es, pero está en desuso), ya que no depende de las propiedades de las sustancias. En esta escala, se parte de la temperatura 0 K, que se considera cero absoluto o temperatura más baja a la que pueden llegar las sustancias. El punto de fusión del agua corresponde con 273,15 K y el de ebullición con 373,15 K. El número de divisiones entre ambas temperaturas es de 100.
2. **Escala de temperatura Fahrenheit.** Para establecerla, se consideró como 0 °F el punto de congelación de una disolución de cloruro amónico y como 100 °F la temperatura normal del cuerpo humano. En este caso, el punto de fusión del agua es de 32 °F y el de ebullición de 212 °F. El número de divisiones entre estas dos temperaturas es de 180.
3. **Escala de temperatura Celsius.** Para establecerla, se utilizó el punto de fusión del agua (0 °C) y el punto de ebullición del agua (100 °C). El intervalo entre esos dos puntos se divide en 100 partes iguales y cada una de ellas recibe el nombre de grado Celsius. El cero absoluto se corresponde con los 273,15 K.

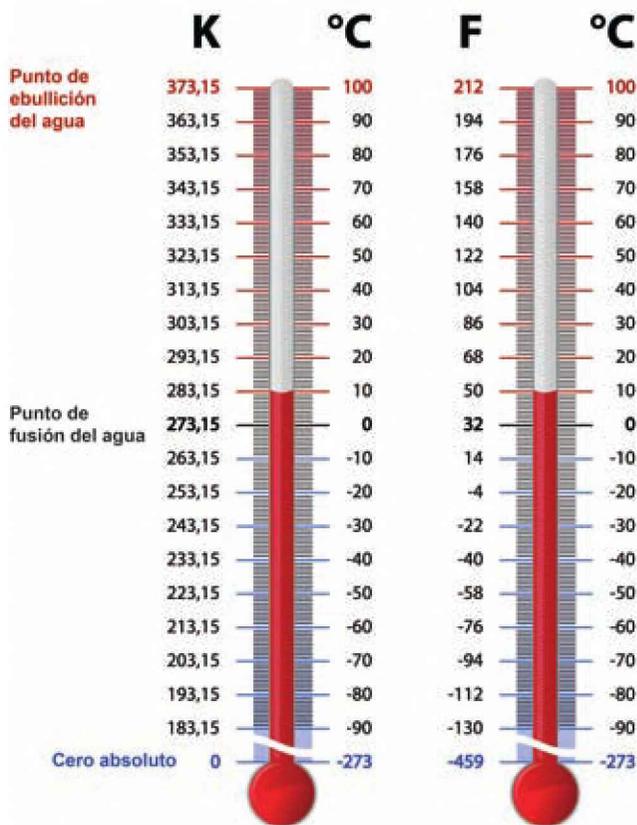


Figura 1.2. Escalas de temperatura

Para poder convertir la temperatura de una escala a otra, utilizaremos la tabla siguiente:

Tabla 1.1. Tabla de conversión de escalas de temperatura

De la escala	A la escala	Conversión
Celsius	Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32$
Fahrenheit	Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1,8$
Celsius	Kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$
Kelvin	Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$

Para poder pasar de Fahrenheit a Kelvin, y viceversa, tan solo es necesario tener en cuenta las fórmulas de la tabla anterior.

SABÍAS QUE...

Con base en el esquema de notación introducido en 1967 en la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM), el símbolo del grado se eliminó en forma oficial de la unidad de temperatura absoluta. Por eso, los kelvin se expresan sin $^{\circ}$ y no se pone delante la palabra grado.

Actividad resuelta

1.4. Expresa las siguientes temperaturas en las otras dos escalas: 95 $^{\circ}\text{C}$, 150 K, 32 $^{\circ}\text{F}$ y 20 $^{\circ}\text{F}$.

Solución:

- $^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = (95 \times 1,8) + 32 = 203 \text{ }^{\circ}\text{F}$
 $\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15 = 95 + 273,15 = 368,15 \text{ K}$
- $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15 = 150 - 273,15 = -123,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = (-123,15 \times 1,8) + 32 = -189,67 \text{ }^{\circ}\text{F}$
- $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1,8 = (32 - 32)/1,8 = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15 = 0 + 273,15 = 273,15 \text{ K}$
- $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1,8 = (20 - 32)/1,8 = -6,67 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15 = -6,67 + 273,15 = 266,48 \text{ K}$

Actividad propuesta

1.3. Explica si está bien de salud o si tiene fiebre una persona con 104 $^{\circ}\text{F}$.

1.2. Termodinámica

La **termodinámica** es la ciencia que se dedica al estudio de la relación entre el calor y otras formas de energía. Un ejemplo de sistema termodinámico es el calentamiento de

agua en una caldera, donde se transforma el agua en vapor y, al salir, va a parar a un condensador que actúa como disipador de calor.

1.2.1. Definiciones relacionadas con la termodinámica

Para resolver un problema determinado, necesitamos centrarnos en el objeto de nuestro estudio, que sería el sistema y sus alrededores, ya que sus condiciones pueden sufrir variaciones. A continuación, vamos a estudiar cada parte del sistema termodinámico:

- **Sistema.** Es cualquier cantidad de materia o región del espacio seleccionada para ser objeto de estudio aislada de lo demás.
- **Universo.** Es el sistema y su entorno.
- **Alrededores o entorno.** Es la materia o región del espacio que se encuentra fuera del sistema.
- **Frontera.** Es la superficie que separa o aísla el sistema de sus alrededores. Se considera que el espesor de la superficie es nulo y, por tanto, no ocupa espacio ni tiene materia.

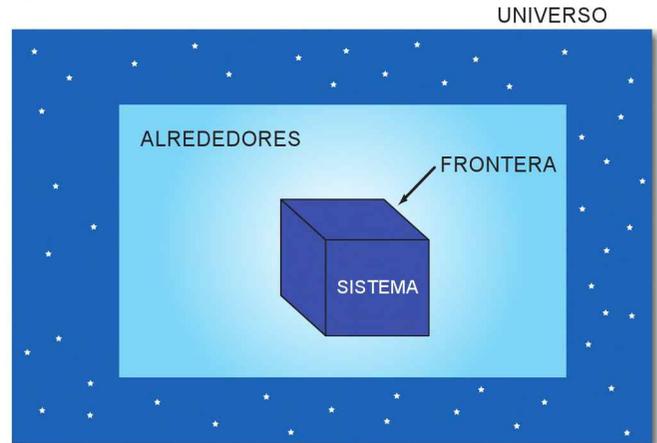


Figura 1.3. Representación de un sistema termodinámico

Después de estas definiciones, la pregunta sería: **¿puede haber intercambio de materia y energía entre el sistema y el entorno?** Para responder a esta pregunta, veremos los distintos tipos de sistemas que existen:

- **Sistema aislado.** Es aquel en el que no puede intercambiarse ni materia ni energía entre el sistema y el entorno.
- **Sistema cerrado.** Es aquel en el que puede haber intercambio de energía, pero no de materia entre el sistema y el entorno.

En el estudio de las máquinas térmicas, un ejemplo de sistema cerrado sería el del gas que se comprime en los pistones de un compresor, en este caso, la masa de gas siempre es la misma, aunque aumentemos o disminuyamos su volumen o lo calentemos o lo enfriemos.

- **Sistema abierto.** Es aquel en el que puede haber intercambio de materia y de energía con el entorno.

Un ejemplo de este sistema en las máquinas termodinámicas puede ser la salida de los humos de combustión en una caldera o en las tuberías de agua caliente en las que circula una masa de agua y hay un intercambio de energía. De esta forma se transmite el calor del agua de la tubería al exterior.

La evolución de un sistema desde unas condiciones iniciales hasta otras condiciones finales debido a la desestabilización del mismo se conoce como **sistema termodinámico**. Los estados iniciales y finales del sistema son estados de equilibrio, pero, en la parte intermedia, se producen desestabilizaciones motivadas por su interacción con los alrededores.

Teniendo en cuenta esto, podemos definir **estado** como las fases que va atravesando un sistema durante un proceso termodinámico. Al ir pasando por las distintas fases, va marcando un recorrido que se llama *trayectoria del proceso*. Cada estado está definido por unas propiedades termodinámicas fijas.

Cuando un proceso se inicia con unas condiciones iniciales y finaliza con las mismas condiciones, decimos que es cíclico. Los ciclos termodinámicos pueden aplicarse a:

- **Máquinas térmicas** ya que están destinadas a la obtención de trabajo a partir de dos fuentes de calor a distinta temperatura.
- **Refrigeradores y bombas de calor** ya que se encargan de producir el paso de calor de la fuente de menor temperatura a la fuente de mayor temperatura mediante la aportación de trabajo.

La materia, como sabemos, está compuesta por moléculas que se encuentran unidas por distintos tipos de enlaces. La energía propia de esta materia (enlaces de las moléculas, interacciones entre ellas, choques térmicos, etc.) la llamamos **energía interna**. En un proceso termodinámico, la variación de energía interna solo depende de su estado inicial y del estado final y no de la trayectoria o del camino seguido para realizarlo.

■ RECUERDA

La termodinámica describe cómo los sistemas responden a los cambios en su entorno.

■ ■ 1.2.2. Leyes de la termodinámica

La **primera ley de la termodinámica**, también llamada *principio de conservación de la energía*, nos dice que la energía ni se crea ni se destruye, tan solo se transforma.

Trataremos de explicarlo a través de un ejemplo: si tenemos en nuestra casa una tostadora, la energía eléctrica se transforma en energía térmica en las resistencias eléctricas de la tostadora, es decir, que la energía sigue siendo la misma, solo se ha transformado.

La **segunda ley de la termodinámica** nos dice que todo proceso cíclico cuyo único fin sea el de transferir energía en forma de calor de una región de mayor temperatura a otra de menor temperatura es imposible. Esto se debe a que todos los procesos de transferencia de calor implican transporte y transformación de energía.

Veámoslo con un ejemplo: un plato de sopa caliente se enfriará cuando pase el tiempo, pero, si esa sopa estuviera fría, nunca se calentaría por sí sola. Esto sucede porque la energía de la sopa caliente se transforma y se transfiere al aire que rodea la sopa.

■ 1.3. Procesos termodinámicos

Como hemos dicho, un proceso termodinámico es el cambio de un sistema desde unas condiciones iniciales hasta otras condiciones finales. Los procesos en los que se mantiene constante alguna propiedad, se designan con el prefijo *iso*.

- **Proceso isobárico.** Proceso termodinámico en el que la presión se mantiene constante en toda la trayectoria. Por ejemplo, en los mapas del tiempo, las líneas de presión que unen los puntos de igual presión.
- **Proceso isotérmico.** Proceso termodinámico en el que la temperatura se mantiene constante durante toda la trayectoria. Por ejemplo, los cambios de estado de las sustancias son procesos isotérmicos ya que, durante el cambio de estado, la temperatura permanece constante.
- **Proceso isocórico o isométrico.** Proceso termodinámico en el que el volumen se mantiene constante durante toda la trayectoria. Por ejemplo, si se suministra calor a una botella de gas, observamos que la temperatura y la presión interna se elevan, pero el volumen se mantiene constante.
- **Proceso adiabático.** Proceso termodinámico en el que el sistema no intercambia calor con su entorno. Un proceso adiabático que es reversible se conoce como *proceso isentrópico*. Ejemplos de procesos adiabáticos son los procesos de humectación (aporte de vapor de agua) puesto que no hay transferencia de calor, a pesar de que se consiga variar la temperatura del aire y su humedad relativa. Esto se emplea en climatización.

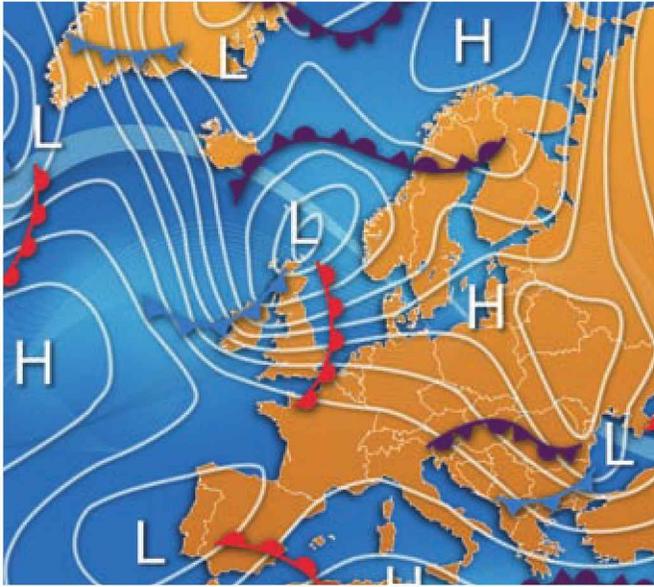
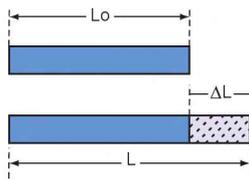


Figura 1.4. Isobaras de un mapa del tiempo

1.4. Dilataciones de los cuerpos

Normalmente, al aumentar la temperatura aumenta el volumen de los cuerpos y este fenómeno recibe el nombre de *dilatación de los cuerpos*. Según sea la forma del cuerpo, podremos tener distintos tipos de dilataciones:

- **Dilataciones lineales.** Son incrementos longitudinales en los que la variación de tamaño se produce principalmente en una dimensión.



$$L_f = L_0 \times [1 + (\alpha \times \Delta T)]$$

α : coeficiente de dilatación lineal ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).

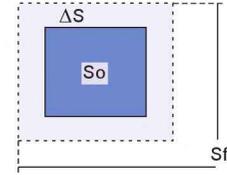
L_0 : longitud inicial.

L_f : longitud final.

$\Delta T = T_f - T_0$ (Incremento de temperatura = temperatura final - temperatura inicial).

$\Delta L = L_f - L_0$ (Incremento de longitud = longitud final - longitud inicial).

- **Dilataciones superficiales.** Son los incrementos de tamaño que se producen en una superficie, por lo tanto, dicha variación se produce en dos dimensiones. Un ejemplo de dilatación superficial son las chapas de acero.



$$S_f = S_0 \times [1 + (\beta \times \Delta T)]$$

β : coeficiente de dilatación superficial ($^{\circ}\text{C}^{-1}$). $\beta = 2 \times \alpha$

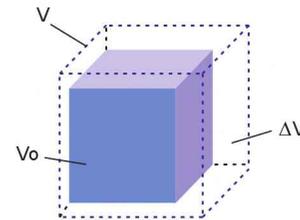
S_0 : superficie inicial.

S_f : superficie final.

$\Delta T = T_f - T_0$ (Incremento de temperatura = temperatura final - temperatura inicial).

$\Delta S = S_f - S_0$ (Incremento de superficie = superficie final - superficie inicial).

- **Dilataciones cúbicas.** Son dilataciones que se producen en un volumen y la variación de tamaño se produce en tres dimensiones. Tener en cuenta que los líquidos y los gases tan solo tendrán dilatación cúbica debido a que su tamaño varía en las tres dimensiones con la temperatura.



$$V_f = V_0 \times [1 + (\gamma \times \Delta T)]$$

γ : coeficiente de dilatación cúbica ($^{\circ}\text{C}^{-1}$). $\gamma = 3 \times \alpha$

V_0 : volumen inicial.

V_f : volumen final.

$\Delta T = T_f - T_0$ (Incremento de temperatura = temperatura final - temperatura inicial).

$\Delta V = V_f - V_0$ (Incremento de volumen = volumen final - volumen inicial).

Pero **¿qué aplicación tiene el cálculo de dilataciones?** Existen múltiples aplicaciones de las **dilataciones lineales**, por ejemplo, la dilatación de los cables del tendido eléctrico y de las barras de acero o la dilatación de los tubos de cobre en las tuberías de calefacción, ya que, al circular agua caliente, se producirá el incremento de longitud.

En las tuberías por las que circulan líquidos o gases calientes, deben tenerse en cuenta las dilataciones lineales para evitar que se produzcan roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos.

Como hemos dicho, en el caso de los líquidos y de los gases, tendremos **dilataciones cúbicas**. Una de las princi-

para las aplicaciones del cálculo de las dilataciones cúbicas es para la calefacción: el agua caliente que circula por los circuitos de calefacción sufre dilataciones y, por esta razón, se colocan depósitos de expansión o vasos de expansión para que se acumule ese exceso de volumen de agua.

Actividad resuelta

1.5. Si un cuerpo de coeficiente de dilatación de $0,000169 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ tiene una longitud de 1 m y su temperatura pasa de 78 a $89 \text{ }^\circ\text{C}$, ¿qué longitud tiene al final?

Solución:

La variación de temperatura es $\Delta T = 89 - 78 = 11 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sustituyendo en la ecuación $L_f = L_0 \times [1 + (\alpha \times \Delta T)]$, obtenemos que L es igual a $1,00184 \text{ m}$.

Actividad resuelta

1.6. Un cuerpo de longitud de 3 m y de temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ se calienta y sube su temperatura hasta los $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Después del calentamiento, su longitud es de $3,0019 \text{ m}$. ¿Cuál será su coeficiente de dilatación lineal?

Solución:

La variación de temperatura es $\Delta T = 30 - 20 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sustituyendo en la ecuación $L_f = L_0 \times [1 + (\alpha \times \Delta T)]$,

$3,0019 = 3 \times [1 + (\alpha \times \Delta T)]$, obtenemos que α es igual a $0,000063 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

SABÍAS QUE...

Los fluidos suelen dilatarse cuando aumentas su temperatura. Pero el agua es una excepción puesto que el punto de mínimo volumen es a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ y se dilata cuando disminuimos la temperatura.

Actividad resuelta

1.7. Un recipiente tiene un volumen de 1.000 cm^3 a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ y está completamente lleno de mercurio. Cuando se calienta el conjunto hasta llegar a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, se derraman $15 \text{ }^\circ\text{C}$ de mercurio. Sabiendo que el coeficiente cúbico de dilatación del mercurio es $0,00018 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, calcula:

- La dilatación real.
- La dilatación volumétrica del recipiente.
- El coeficiente de dilatación lineal del recipiente.

Solución:

• Sustituyendo en la ecuación $V_f = V_0 \times [1 + (\alpha \times \Delta T)]$, tenemos:

$$\Delta V_{\text{Hg}} = 1.000 \times 0,00018 \times 100 = 18 \text{ cm}^3$$

• $\Delta V_v = \Delta V_{\text{Hg}} - \Delta V_{\text{desalojado}} = 18 \text{ cm}^3 - 15 \text{ cm}^3 = 3 \text{ cm}^3$

• $\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$ Sustituyendo, tenemos $10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Actividad propuesta

1.4. Calcula el coeficiente de dilatación de un cuerpo que varía su longitud de 1 m hasta $0,99435 \text{ m}$ cuando la temperatura pasa de 0 a $-50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Enlaces web de interés

<http://www.idae.es>

Puedes consultar el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE) y, en el apartado de dilatación, aparecen indicaciones sobre las dilataciones en tuberías.

<http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/>

Podrás realizar ejercicios de escalas termométricas, dilataciones, etc.

- Las dimensiones nos sirven para caracterizar una cantidad física. Las unidades son magnitudes arbitrarias utilizadas para medir esas dimensiones.

Dimensión	Unidades
Longitud (L)	metro (m) en el SI y los pies (ft) y las pulgadas (in) en el sistema anglosajón
Masa (M),	kilogramo (kg) y, en el sistema anglosajón, es la libra masa (lbm)
Fuerza (F)	newton (N)
Peso (pe)	newton (N) y kilopondio (kp)
Energía (E)	julio (J), kilojulio (kJ), kilocalorías (kcal), Btu, frigoría (fg) y kilovatiohora (kWh)
Potencia (P)	vatio (W), kilovatio (kW), kcal/h, Btu/h
Presión (p)	pascal (Pa), kilopascal (kPa), megapascal (MPa), bar (bar), atmósfera de presión (atm), metros de columna de agua (mca), milímetros de columna de mercurio (mmHg) y psi
Temperatura (T)	kelvin (K), Rankine (R), Fahrenheit (°F) y Celsius (°C)

- La termodinámica es la ciencia que se dedica al estudio de la relación entre el calor y otras formas de energía. Un sistema aislado es aquel en el que no puede intercambiarse ni materia ni energía entre el sistema y el entorno. Un sistema cerrado es aquel en el que puede haber intercambio de energía, pero no de materia, entre el sistema y el entorno. Un sistema abierto es aquel en el que puede haber intercambio de materia y de energía con el entorno.
- La primera ley de la termodinámica, también llamada *principio de conservación de la energía*, nos dice que la energía ni se crea ni se destruye, tan solo se transforma.
- La segunda ley de la termodinámica nos dice que todo proceso cíclico cuyo único fin sea el de transferir energía en forma de calor de una región de mayor temperatura a otra de menor temperatura es imposible. Esto se debe a que todos los procesos de transferencia de calor implican transporte y transformación de energía.
- Un proceso termodinámico es el cambio de un sistema desde unas condiciones iniciales hasta otras condiciones finales. Existen distintos tipos de procesos: isobárico (presión constante), isotérmico (temperatura constante), isocórico (volumen específico constante), adiabático (no intercambia calor con su entorno) y, por último, isentrópico (adiabático reversible).
- Normalmente, al aumentar la temperatura aumenta el volumen de los cuerpos y este fenómeno recibe el nombre de *dilatación de los cuerpos*. Según sea la forma del cuerpo, podremos tener distintos tipos de dilataciones:

– Dilataciones lineales (en una dimensión):

$$L_f = L_0 \times [1 + (\alpha \times \Delta T)]$$

– Dilataciones superficiales (en dos dimensiones):

$$S_f = S_0 \times [1 + (\beta \times \Delta T)]$$

– Dilataciones cúbicas (en tres dimensiones):

$$V_f = V_0 \times [1 + (\gamma \times \Delta T)]$$

Los líquidos y los gases tan solo tendrán dilatación cúbica porque su tamaño varía en las tres dimensiones con la temperatura.

Actividades de comprobación

- 1.1.** La masa y el peso que tiene un cuerpo:
- Son magnitudes con el mismo valor.
 - Son magnitudes proporcionales entre ellas.
 - Son magnitudes que no varían.
 - No tienen relación entre sí.
- 1.2.** Si dividimos fuerza entre superficie, ¿qué magnitud tiene estas unidades?
- La de la fuerza.
 - La de la masa.
 - La de la densidad.
 - La de la presión
- 1.3.** Observamos la medida de cuatro termómetros distintos que marcan una temperatura diferente cada uno. ¿Podrías decir cuál de todos es el que tiene menor temperatura?
- 474 K.
 - 240 °C.
 - 107 °F.
 - 100 °F.
- 1.4.** Si se ejerce una fuerza de 500 N de forma perpendicular sobre una superficie de 0,01 m², la presión tendrá un valor de:
- 500.000 Pa.
 - 0,5 bar.
 - 50 kPa.
 - 50.000 bar.
- 1.5.** En la unidad hemos visto tres tipos de dilataciones, pero ¿cuál es típica de gases y líquidos?
- Lineal.
 - Los líquidos y gases no se dilatan.
 - Cúbica.
 - Superficial.
- 1.6.** La dilatación superficial se mide en:
- cm²
 - m
 - cm³
 - mm
- 1.7.** Si un cuerpo sufre una dilatación superficial, el aumento de las dimensiones del cuerpo se producirá en:
- Una dirección.
 - Dos direcciones.
 - Tres direcciones.
 - Ninguna dirección.
- 1.8.** La escala absoluta de temperaturas surge de la existencia del cero absoluto. Pero ¿cuál es su unidad de medida?
- Kelvin.
 - Fahrenheit.
 - Centígrada.
 - Celsius.
- 1.9.** La termodinámica estudia:
- Las relaciones entre la energía mecánica.
 - Las relaciones entre los procesos termodinámicos isobáricos, isocóricos y adiabáticos.
 - La relación entre el calor y otras formas de energía.
 - Ninguna de las anteriores.
- 1.10.** Un sistema termodinámico es:
- La región del espacio limitada por una frontera.
 - La región del espacio que tiene contacto directo con la energía, el calor y el trabajo realizado fuera de la misma.
 - La región del universo limitada por una superficie con calor constante.
 - La región del espacio limitada por una superficie real, fuera de la cual existe materia.
- 1.11.** ¿Podrías decir qué parte del universo no forma parte del sistema?
- La frontera.
 - El contorno.
 - El entorno.
 - Ninguna de las anteriores.
- 1.12.** Un ejemplo de sistema termodinámico:
- Son 2 kg de combustible en una caldera a 1.500 °C.
 - Son 300 g de níquel divididos en tres partes.
 - Son 200 g de hidrógeno en estado líquido.
 - Calor específico de una sustancia sólida dentro de un calorímetro.
- 1.13.** Un motor de un coche es:
- Un sistema termodinámico aislado.
 - Un sistema termodinámico abierto.
 - Un sistema termodinámico isotérmico.
 - Un sistema termodinámico cerrado.

Actividades de aplicación

- 1.14.** Completa la siguiente tabla para obtener todas las medidas necesarias para los tubos de cobre de una instalación frigorífica:

Diámetro exterior (in)	Diámetro exterior (mm)	Espesor pared (mm)	Diámetro interior (mm)	Diámetro interior (in)
1/4		0,70		
3/8		0,88		
1/2		1		
5/8		1		
3/4		1,14		
7/8		1,16		
9/8		1,19		
1		1,20		

- 1.15.** Se coloca una masa de 25 kg sobre un clavo que tiene la punta de sección $0,1 \text{ mm}^2$ y que está a punto de penetrar en una madera. Determina en bares y en pascales qué fuerza y qué presión ejerce en la madera.
- 1.16.** Un buceador que lleva unas gafas de 60 cm^2 de superficie está sumergido en agua de densidad $1,03 \text{ g/cm}^3$ a 25 m de profundidad. Indica qué fuerza se ejerce sobre las gafas y qué presión soporta.
- 1.17.** Expresa en el Sistema Internacional de Unidades los siguientes valores de presión: 5 atm, 896 mb, 3 kp/cm^2 y 560 mmHg.
- 1.18.** Un cuerpo de forma cúbica tiene una arista de 30 cm. Si al elevar la temperatura $100 \text{ }^\circ\text{C}$ la arista se ha dilatado un 5 %. Calcula su coeficiente de dilatación lineal y su coeficiente de dilatación cúbica y determina su volumen final.
- 1.19.** A una temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$, una varilla de aluminio tiene una longitud de 5 m. Si $\alpha_{Fe} = 2,4 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, establece su longitud al aumentar la temperatura a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 1.20.** Una esfera hueca de acero a $26 \text{ }^\circ\text{C}$ tiene un volumen de $0,3 \text{ m}^3$. Si el coeficiente de dilatación cúbica del acero es $34,5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, calcula qué volumen final tendrá a $-6 \text{ }^\circ\text{C}$ en m^3 y en litros y señala cuánto disminuyó su volumen en litros.
- 1.21.** La longitud de una barra de acero es de 2 m, obteniéndose para un incremento de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ un incremento de longitud de una barra de acero es de $0,005 \text{ m}$ de longitud. Calcula: el coeficiente de dilatación lineal del acero, su volumen con un incremento de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ si tiene una sección de 20 cm^2 , y las temperaturas ($20 \text{ }^\circ\text{C}$ y $100 \text{ }^\circ\text{C}$) en K y $^\circ\text{F}$.
- 1.22.** Por un aparato de aire acondicionado pasan 2 m^3 de aire cada segundo a una habitación. Si la densidad del aire a la temperatura que está trabajando es de $0,0013 \text{ g/cm}^3$, establece la masa de aire que pasa a la habitación en un segundo.
- 1.23.** Un depósito grande de agua, utilizado para el almacenaje de refrigerante, tiene una base que mide 2 por 3 m. Si la altura del depósito es de $2,5 \text{ m}$ y está completamente lleno de agua, indica la presión ejercida por el agua en la base del depósito.
- 1.24.** Expresa las siguientes temperaturas en las otras dos escalas: $90 \text{ }^\circ\text{C}$, 140 K, $32 \text{ }^\circ\text{F}$ y $25 \text{ }^\circ\text{F}$.

Actividades de ampliación

- 1.25.** En tu vida cotidiana, te encuentras con muchos ejemplos de sistemas abiertos, cerrados y aislados. Indica dos ejemplos de cada uno de ellos.
- 1.26.** Unos buzos explorando aguas a una profundidad de 30 m encuentran un barco sumergido y, para poder entrar, necesitan abrir una puerta. Calcula la fuerza mínima que deberán ejercer para abrir esa puerta. Datos: la superficie de la puerta es de 1 m^2 y la densidad del agua del mar es de 1.030 kg/m^3 .
- 1.27.** Si la OCU nos dice que una dieta equilibrada se compone de 1.500 calorías diarias, averigua a cuántos julios equivale esa cantidad.

- 1.28.** En 1911, Eran Roald Amundsen fue el primer explorador en llegar a la Antártida. Al caminar sobre la superficie helada, sabiendo que la suela de sus botas tiene una superficie de 300 cm^2 y que su peso era de 80 kg :
- Establece qué presión ejercía su cuerpo sobre la superficie.
 - Debido a la posibilidad de sufrir una caída, se colocó unos esquís para desplazarse con mayor facilidad. Si la superficie en contacto con el suelo es de 2.900 cm^2 , calcula el valor de la presión.
- 1.29.** Si disponemos de una botella de gas refrigerante y medimos su presión con un manómetro, esta nos indica $6,7 \text{ bar}$. Indica la presión de la botella en atm y en Pa .
- 1.30.** Un cuerpo metálico con forma de cubo aumenta su volumen un $1,5 \%$ cuando su temperatura se incrementa en $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcula su coeficiente de dilatación cúbica y lineal.
- 1.31.** Averigua el coeficiente de dilatación lineal de un tubo empleado en una máquina para secar *pellet* para ser el combustible de una caldera de biomasa que varía su longitud de 2 m a $1,997 \text{ m}$ cuando la temperatura varía en $-50 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 1.32.** En un día de verano, si un cuerpo tiene un coeficiente de dilatación de $0,00006 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, una longitud inicial de 3 m y la temperatura pasa de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, determina su longitud final.