

FACULTAD DE INGENIERÍA



DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



**Actualización en Termodinámica 2015.
Un Enfoque Contemporáneo**

Introducción a la Termodinámica



INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA

Coordinadora; Dra. Martha Rosa Del Moral Nieto

Instructores: Ing. José Enrique Larios Canale y

Mariel Elena Hernández López

Del 19 al 23 de junio de 2017

Horas teóricas: 20

TEMARIO

1. Definición de Física.
2. Definición de Termodinámica.
3. Clasificación de la Termodinámica.
4. Estructura conceptual de la Termodinámica clásica.
5. Medio físico. Sistema Termodinámico y sus características.
6. Propiedades extensivas e intensivas.
7. Cantidades escalares y vectoriales.
8. Conceptos de: estado termodinámico.
equilibrio termodinámico, Proceso y Ciclo

DEFINICIÓN DE FÍSICA

“La Física es la ciencia que estudia las que se presentan en los fenómenos de la naturaleza.”

Una transformación o transferencia de energía se cuantifica a través de la variación o cambio de sus propiedades físicas, las cuales definen el nivel energético del cuerpo u objeto en estudio, es decir, el estado físico del sistema. La propiedad física hace referencia al nivel energético de un cuerpo físico que en estos apuntes se denomina sistema termodinámico, para un espacio y tiempo dado en que se ubica.

DEFINICIÓN DE TERMODINÁMICA

“Es una ciencia, parte de la Física, que estudia la energía y la entropía, así como las propiedades termodinámicas relacionadas con ellas, cuando se llevan a cabo procesos de transformación o transferencia de energía, y cambios de entropía en un sistema termodinámico.”

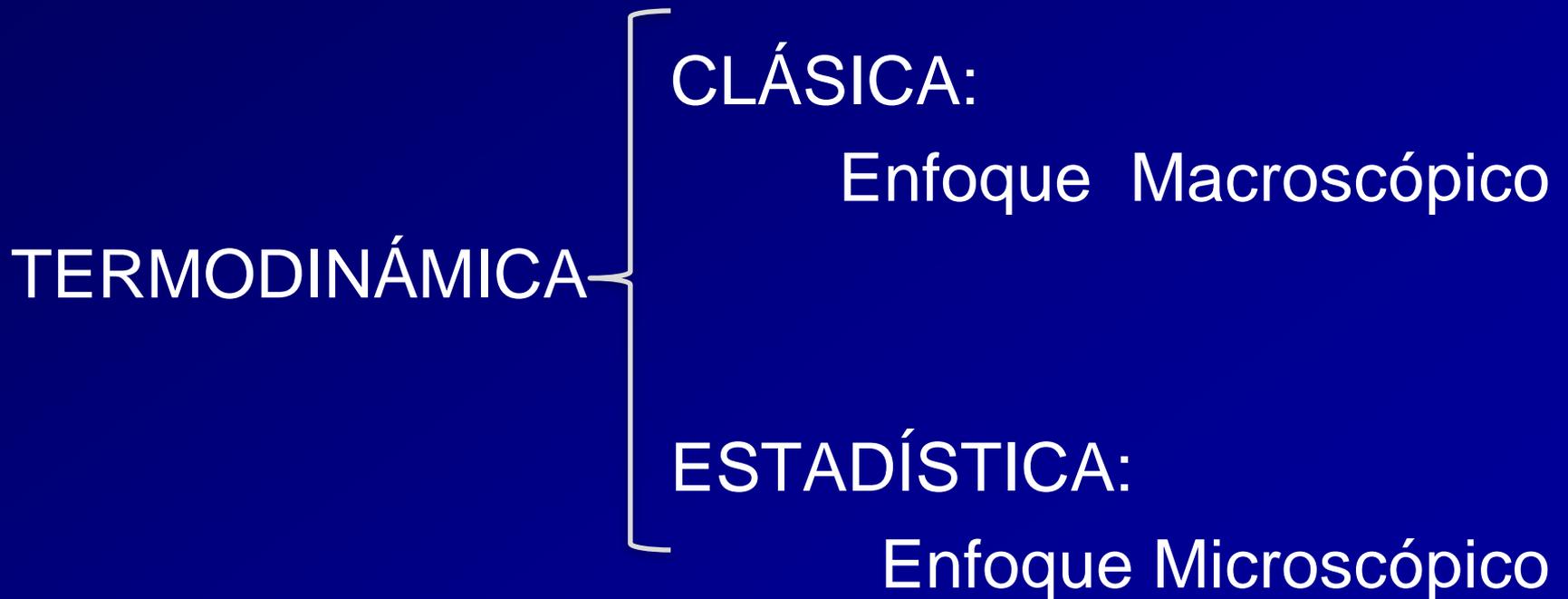
Una propiedad termodinámica define un aspecto del estado energético del sistema termodinámico, en un espacio y tiempo dado en que se ubica, de manera que, en general, las propiedades termodinámicas definen la energía térmica, o sea el estado del sistema termodinámico.

Las propiedades físicas que se estudian en Termodinámica se delimitan a las relacionadas con las transformaciones y transferencias de energía de la sustancia de trabajo en procesos en los cuales no hay cambios en la estructura molecular de esta sustancia, y por tanto las propiedades termodinámicas son diferentes a las propiedades físicas que definen a los fenómenos electromagnéticos, acústicos, ópticos, químicos, o nucleares, aunque en algunos procesos pueden involucrarse en un análisis energético.

La Termodinámica, al igual que la Física se clasifica según sea el enfoque de su estudio.

CLASIFICACIÓN DE LA TERMODINÁMICA

SEGÚN SEA EL NIVEL DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA TERMODINÁMICO:



ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE LA TERMODINÁMICA CLÁSICA

LEY CERO DE LA TERMODINÁMICA. Define los conceptos de: calor, energía interna, temperatura empírica, termómetro, escalas de temperatura empírica absoluta y relativa.

POSTULADO DE ESTADO. Define el número de propiedades termodinámicas independientes que establecen el estado energético (termodinámico) de un sistema.

PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA. Establece los modelos matemáticos de los principios de la conservación de la masa y de la energía para sistemas termodinámicos aislados, cerrados y abiertos.

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA. Establece la direccionalidad de los procesos mediante el concepto de entropía, desarrollando los modelos matemáticos que cuantifican la entropía en sistemas termodinámicos aislados, cerrados y abiertos; validando el proceso con el Principio del Incremento de Entropía.

MEDIO FÍSICO

Es la cantidad de masa o materia de la naturaleza, que se le denomina sustancia de trabajo, en la cual se llevan a cabo transferencias y/o transformaciones de energía, conocido como fenómeno físicos o, particularmente, proceso termodinámico. Por ejemplo: el aire es el medio físico en el que se propagan las ondas sonoras; el aceite de un gato hidráulico es el medio físico que transfiere la presión de una superficie a otra, etc.

En termodinámica, a la sustancia de trabajo se le conceptualiza como sistema termodinámico, que se define a continuación.

SISTEMA TERMODINÁMICO

Un sistema termodinámico es la porción del universo (sustancia de trabajo) al que se le efectúan balances de masa, energía y entropía, cuando se llevan a cabo procesos de transformación o transferencias de energía en dicho sistema, Para sistematizar el estudio del sistema termodinámico se le aísla del resto del universo delimitándolo con una envolvente imaginaria llamada frontera, a través de la cual puede cruzar masa y/o energía que intercambia con el medio ambiente, con lo que se caracteriza al proceso termodinámico en estudio (Fig. 1.2.1.).

UNIVERSO:

FRONTERA



Flujos de masa y/o
transferencias
de energía



Flujos de masa y/o
transferencias
de energía



**MEDIO
AMBIENTE**

Fig. 1.2.1. Sistema termodinámico,
frontera y medio ambiente.

La caja blanca de la Fig. 1.2.1. representa a la sustancia de trabajo (aire, agua, gases quemados, algún refrigerante, etc.), de una máquina térmica o hidráulica, ya sea motriz o generatriz (motor de combustión interna, bomba centrífuga, turbina de gas, caldera, etc.).

A la sustancia de trabajo se le delimita con una envolvente imaginaria, representada por la línea punteada en rojo denominada frontera, con el fin de aislarla del resto del universo y efectuar el análisis de las transferencias de masa, energía y entropía con el medio ambiente, que se encuentra en el exterior de la frontera.

SISTEMA TERMODINÁMICO. Es aquella porción del universo que se aísla con el fin de efectuar balances de masa, energía y entropía.

FRONTERA. Es la superficie o envolvente imaginaria que rodea a un sistema termodinámico para aislarlo del resto del universo.

MEDIO AMBIENTE. Es la parte del universo que queda en el exterior de la frontera del sistema termodinámico.

Los sistemas termodinámicos se clasifican en: abiertos, cerrados o aislados.

SISTEMA TERMODINÁMICO ABIERTO O VOLUMEN DE CONTROL. En estos sistemas termodinámicos se presenta flujo de masa y transferencia de energía a través de la frontera del sistema, como en el caso de las turbomáquinas motrices y generatrices, tanto térmicas como hidráulicas.

En la Fig.1.2.2. se representa con una línea punteada en rojo al sistema termodinámico abierto de una bomba centrífuga cuyo impulsor transfiere energía en forma de trabajo de eje al agua, incrementando su energía cinética, potencial y/o bórica. La frontera del sistema abierto define al volumen de control del agua en estudio.

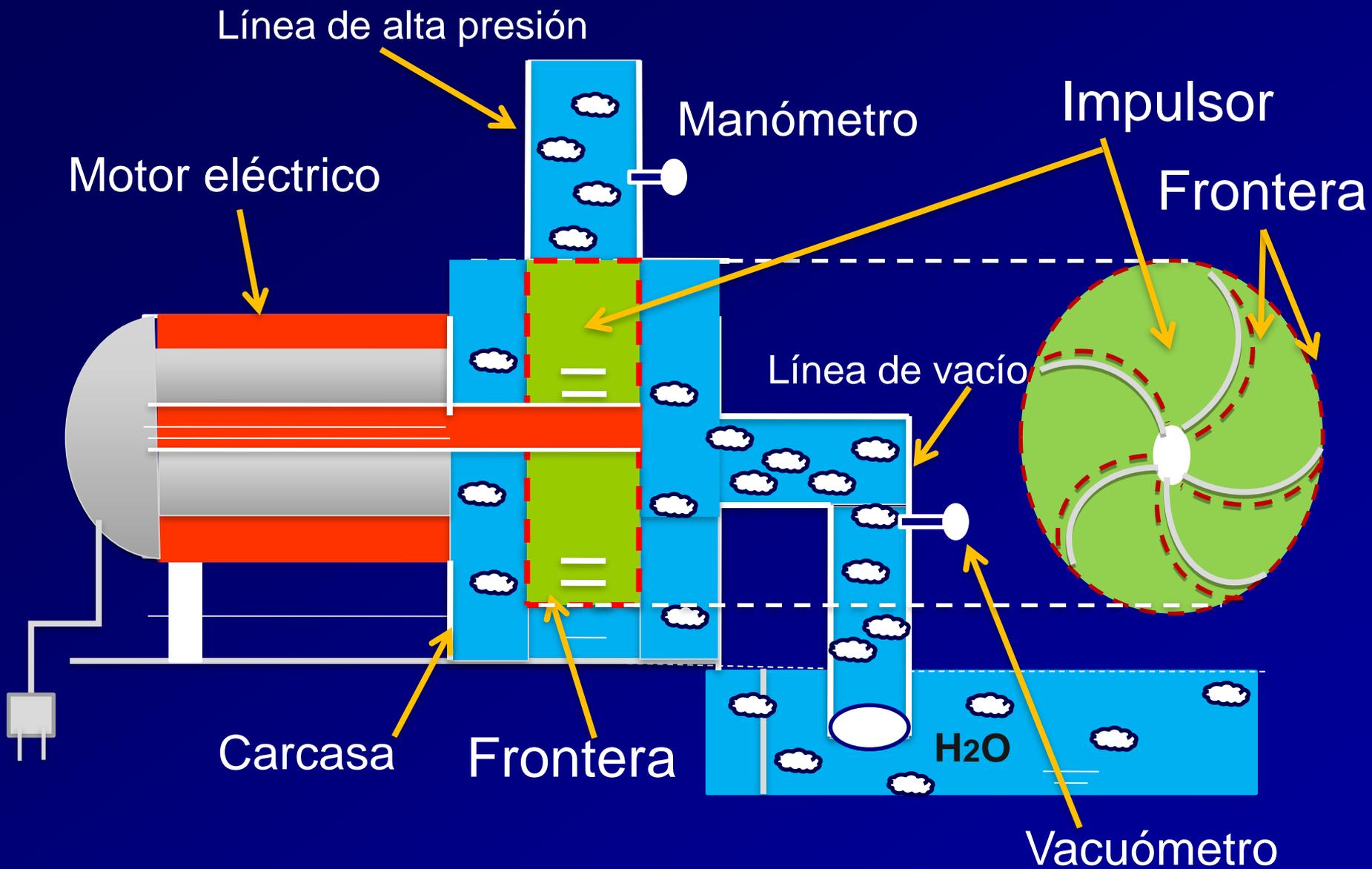
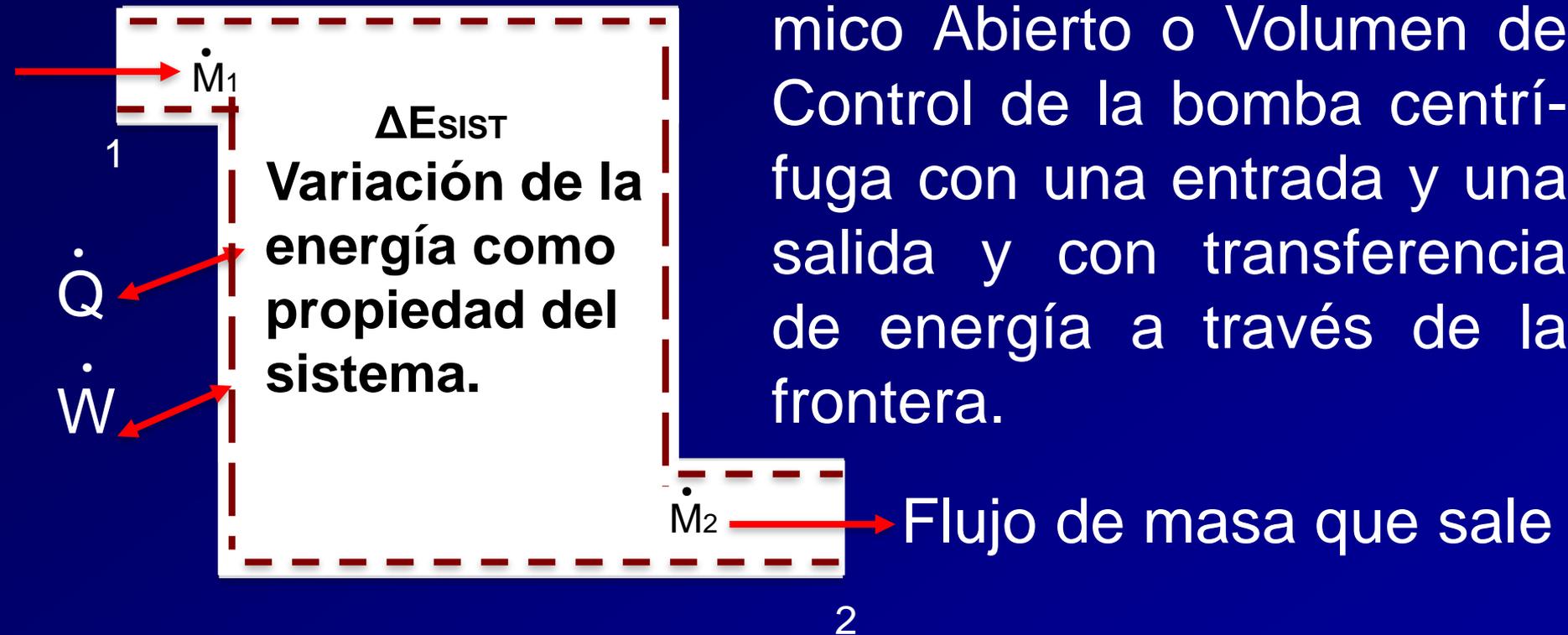


Fig. 1.2.2. Bomba centrífuga.

Flujo de masa
que entra



Representación esquemática del Sistema Termodinámico Abierto o Volumen de Control de la bomba centrífuga con una entrada y una salida y con transferencia de energía a través de la frontera.

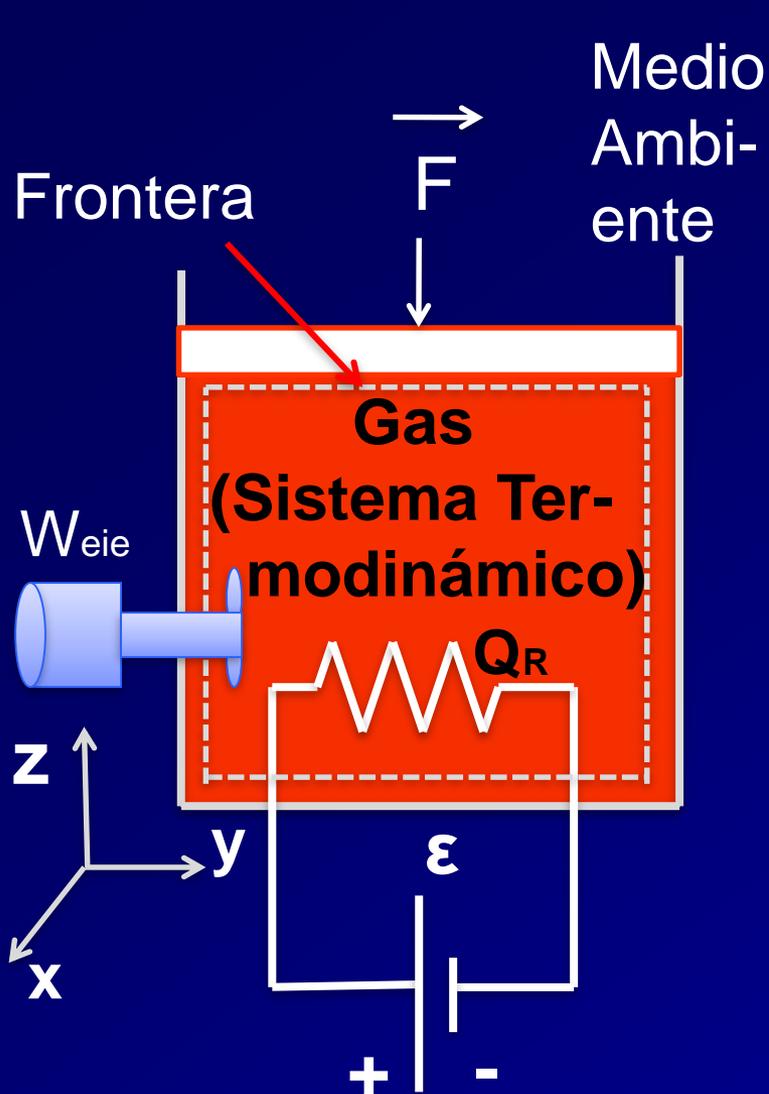
Flujo de masa que sale

\dot{Q} y \dot{W} son el calor y el trabajo transferidos por unidad de tiempo a través de la frontera del sistema.

Fig. 1.2.3. Sistema termodinámico abierto.

SISTEMA TERMODINÁMICO CERRADO. En este sistema no hay flujo de masa, sólo se presenta transferencia de energía a través de la frontera del sistema, y la masa del sistema permanece constante.

Por ejemplo, en la Fig. 1.2.4. se muestra un sistema cilindro-émbolo que contiene un gas al que se le transfiere calor con una resistencia eléctrica, se le transfiere trabajo al aplicar una fuerza sobre el émbolo y se le suministra trabajo de flecha, lo que incrementa la presión y temperatura del gas. Por tanto, en este sistema sólo se presenta transferencia de energía al gas, sin que varíe su masa.



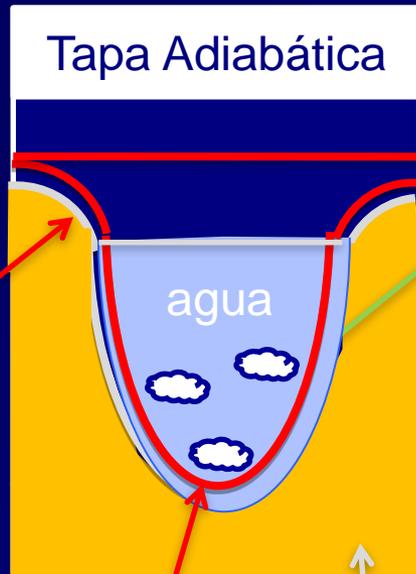
SISTEMA TERMODINÁMICO CERRADO. Con transferencias de trabajo de compresión, trabajo de flecha y transferencia de energía en forma de calor debido a una corriente eléctrica que circula por una resistencia eléctrica. En este sistema, en general, no hay variaciones de energías cinética y potencial, ya que se le fija a un sistema de referencia.

Fig. 1.2.4. Sistema termodinámico cerrado.

SISTEMA TERMODINÁMICO AISLADO. En este sistema no hay flujo de masa ni transferencia de energía a través de la frontera del sistema, por lo cual, la masa y la energía como propiedad del sistema permanecen constantes.

En la Fig. 1.2.5. se muestra esquemáticamente un calorímetro de vacío, que se emplea en procesos termodinámicos cuyas características corresponden a las de un sistema aislado. Este dispositivo generalmente se emplea para determinar la capacidad térmica específica de una sustancia.

Calorímetro de vacío



$$\delta Q = 0$$

$$\delta W = 0$$

$$dE)_{\text{SIST.}} = 0$$

Fig. 1.2.5. Sistema termodinámico aislado.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS TERMODINÁMICOS (MEDIOS FÍSICOS)

HOMOGENEIDAD. Se considera que un sistema termodinámico o medio físico es homogéneo con respecto a una propiedad física, si ésta posee el mismo valor en todos los puntos del sistema. Por ejemplo, el agua de una alberca es homogénea con respecto a la densidad.

LINEALIDAD. Un medio físico es lineal con respecto a una propiedad física, si al variar su masa la propiedad física varía linealmente.

Por ejemplo, el volumen del agua de una alberca es una propiedad lineal para este sistema, ya que si varía la masa del agua, el volumen varía de manera proporcional, con un factor de proporcionalidad igual a la densidad del agua, como se verá posteriormente, al definir la densidad.

ISOTROPISMO O ISOTROPÍA. Un medio físico es isótropo o isotrópico con respecto a una propiedad física, si el valor de la propiedad física en cualquier punto del sistema no depende de la masa ni de la dirección o sentido en que se lleve a cabo la medición de dicha propiedad física, es

decir, no depende de la cantidad de agua en la alberca ni de ningún sistema de referencia.

Por ejemplo, el agua de una alberca es un medio isotrópico con respecto a la temperatura, ya que el termómetro puede tener cualquier posición dentro del agua y la lectura de la temperatura no cambia, independientemente de las dimensiones de la alberca.

A continuación se analizan otras características de las propiedades termodinámicas que facilitan su identificación en los balances de energía y entropía.

PROPIEDADES EXTENSIVAS E INTENSIVAS

Las propiedades físicas, y en consecuencia las termodinámicas, se clasifican como extensivas o intensivas dependiendo de su comportamiento al variar la masa del sistema.

Algunas propiedades se cuantifican para toda la cantidad de materia en el sistema, es decir, para su extensión como es el caso del volumen total que ocupa el sistema, o bien, la energía cinética, potencial o interna total del sistema, incluso la

cantidad de sustancia (mol). Estas propiedades que cambian de valor al cambiar la masa o extensión del sistema son denominadas propiedades extensivas.

PROPIEDAD EXTENSIVA. Es aquella cuyo valor o magnitud cambia si la masa varía. Por lo tanto, las propiedades extensivas dependen de la masa del sistema.

Otras propiedades termodinámicas no dependen de la cantidad total de masa del sistema, no cambia el valor de la propiedad al variar su masa, son independientes de la cantidad de masa del

sistema. Estas son llamadas propiedades termodinámicas intensivas y entre ellas está la presión, la temperatura y todas las propiedades por unidad de masa o propiedades específicas. Debido a que estas propiedades intensivas son invariantes con la masa o extensión del sistema, se utilizan para establecer relaciones termodinámicas de estado del sistema.

PROPIEDAD INTENSIVA. Es aquella cuyo valor o magnitud no cambia cuando varía la masa, las propiedades intensivas son independientes de la masa del sistema. Por ejemplo: la densidad, la capacidad térmica específica, etc.

CANTIDADES VECTORIALES Y ESCALARES

Hay propiedades físicas y en consecuencia termodinámicas que requieren ser ubicadas en el espacio, establecer sus coordenadas con respecto a un sistema de referencia, y gráficamente representarlas con un segmento dirigido, o bien, analíticamente por sus componentes escalares o su expresión trinómica, para conocer su magnitud, dirección y sentido con respecto a ese sistema de referencia. A estas propiedades se les denomina vectoriales y a continuación se define una cantidad vectorial.

CANTIDAD VECTORIAL. Es aquella que, además de su valor o magnitud, se tiene que especificar una dirección y un sentido con respecto a un sistema de referencia; se representa gráficamente con un segmento dirigido y analíticamente por sus componentes escalares o su expresión trinómica. Por ejemplo: el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la fuerza, el campo magnético, etc.

Otras propiedades físicas son invariantes con respecto a su ubicación en el espacio y no dependen de ningún sistema de referencia ya que no tienen dirección o sentido, se definen únicamente por su valor o magnitud.

CANTIDAD ESCALAR. Es toda cantidad física que queda completamente determinada con el valor de su magnitud y por tanto no depende de ningún sistema de referencia. Por ejemplo: presión, temperatura, energía interna específica, capacidad térmica específica, etc.

El conjunto de propiedades termodinámicas de un sistema hacen referencia al nivel energético del sistema termodinámico, es decir, a mayor velocidad mayor energía cinética, a mayor presión y temperatura mayor actividad molecular, etc. Formas de energía que se definen mediante los modelos matemáticos de las diferentes formas de manifestación de la energía que hay en

el mundo físico, por tanto, con las propiedades termodinámicas se establece lo que se denomina estado termodinámico.

CONCEPTO DE ESTADO TERMODINÁMICO

Es el nivel energético de la sustancia de trabajo de un sistema termodinámico que se expresa con sus propiedades termodinámicas independientes y en equilibrio. Con los modelos matemáticos correspondientes y que involucran a algunas de estas propiedades, se pueden cal-

cular las diferentes formas de energía que tiene el sistema; como son la energía cinética, la energía potencial y la energía interna, que posteriormente se estudiarán y se les denominará energías como propiedad del sistema.

En el Tema 2 “Propiedades de las Sustancias Puras” se define el Postulado de Estado que delimita el número de propiedades termodinámicas independientes que definen el estado termodinámico de un sistema.

Definir el estado termodinámico de un siste-

ma implica que sus propiedades termodinámicas no varíen, lo cual sólo es posible cuando no hay procesos de transferencia de energía entre el sistema y su medio ambiente. Para que las propiedades termodinámicas permanezcan invariantes, el sistema no debe ni ganar ni perder energía, esto es, debe permanecer en equilibrio denominado termodinámico.

CONCEPTO DE EQUILIBRIO TERMODINÁMICO

Condiciones de equilibrio termodinámico de un sistema:

1. La suma de fuerzas en el interior del sistema es igual a cero, es decir, se encuentra en equilibrio mecánico (el gradiente de fuerzas es igual a cero).
2. La temperatura en cada punto del sistema es constante, es decir, está en equilibrio térmico (el gradiente de temperatura es igual a cero).
3. Las moléculas que conforman al sistema no reaccionan químicamente entre sí, es decir, está en equilibrio químico (el gradiente de reactivos químicos es igual a cero).

PROCESO

Cuando hay transferencia de energía a un sistema termodinámico se presentan variaciones en las propiedades termodinámicas, de acuerdo a una relación o regla de comportamiento que define una trayectoria o proceso.

PROCESO. Es la sucesión de cambios de estado de la sustancia de trabajo de un sistema termodinámico debido a la transferencia de energía en forma de calor y/o de trabajo, dando como resultado que las propiedades termodinámi-

cas observen un comportamiento que se rige bajo una regla matemática que caracteriza la trayectoria del proceso que describe la sustancia de trabajo de un estado termodinámico inicial a otro final.

CICLO

Si la sustancia de trabajo de un sistema termodinámico recibe y pierde energía con diferentes mecanismos de transferencia de calor y de trabajo, el sistema termodinámico realiza diversos procesos, con la característica de que el estado final del último proceso coincide con el es-

tado inicial del primero, se tiene un ciclo.

CICLO: Es la sucesión de procesos que describe una sustancia de trabajo de un sistema termodinámico, en el cual el estado termodinámico inicial del primer proceso es igual al estado termodinámico final del último proceso.