



CAPITULO I

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1. Conceptos de Termodinámica:

- 1) Definición: Es la ciencia que se ocupa del estudio de las transformaciones de energía, fundamentalmente de trabajo en calor y de calor en trabajo.

$$\begin{array}{ll} Q \rightarrow \text{calor (kcal.)} & L \rightarrow \text{trabajo (Kgfm.)} \\ q \rightarrow \text{calor específico (Kcal. / Kg.)} & l \rightarrow \text{trabajo específico (Kgfm./ Kg)} \\ & L \rightarrow Q \\ & Q \rightarrow L \end{array}$$

2) Importación de la termodinámica

Termodinámica es la materia previa, teórica y fundamental para el estudio de las máquinas térmicas, compresores, máquinas a combustión interna y externa, máquinas frigoríficas, turbinas a gas y a vapor, y sistemas de condicionamiento de aire.

3) Desenvolvimiento

El desenvolvimiento de la ciencia de la termodinámica está basado en dos principios fundamentales, el 1° principio de la termodinámica o principio de la equivalencia o de la conservación de la energía y el 2° principio de la termodinámica (principio de Carnot – Clausius) de carácter cualitativo.

- a) 1er PT – Principio de carácter cuantitativo o de equivalencia.

Es siempre posible transformar calor en trabajo y trabajo en calor y siempre va a existir una relación constante entre esas dos grandezas, si el sistema es cerrado

$$\frac{L}{Q} = Cte = X \qquad \frac{Q}{L} = Cte = Y$$

- b) 2do PT – Principio de carácter cualitativo o de Carnot – Clausius

Es más fácil transformar trabajo en calor de que calor en trabajo.

Obs.: calor es la degradación máxima de la energía, calor es una forma degenerada de energía.

4) Termodinámica Química

Estudia las reacciones químicas desde el punto de vista del calor. Reacciones exotérmica y endotérmica.

5) Termodinámica Técnica

Estudia la obtención, aprovechamiento y aplicación del trabajo.

2. Sistema de Unidad

- 1) Grandezas físicas: todo lo que puede ser pesado, medido y comparado.
- 2) Dimensiones de las grandezas físicas: son evaluadas por comparación, la unidad es el medio de comparación.
- 3) Sistema de Unidades: hecho para padronizar y orientar.
- 4) Clasificación de los sistemas de Unidades:
 - a) Sist. Unid. Gravitacional o técnico LFT
 - b) Sist. Absoluto LMT (L=long, F=fuerza, M=masa, T=tiempo)
 - c) Sist. De Unidades Absolutas
LMT: $\left\{ \begin{array}{l} - \text{CGS} \\ - \text{MKS} \end{array} \right.$
 - d) Sist. De Unidades gravimétricas



TERMODINÁMICA

CAPITULO I – Conceptos Fundamentales

LFT: $\{- M. Kgf. S.$

5) Sistema de Unidad empleado en termodinámica es un sistema Mixto (gravitacional + absoluto)

- Unidad Fundamental (gravit. + absol.) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Long. (m)} \\ \text{Masa (Kg)} \\ \text{Fuerza (Kgf)} \\ \text{Tiempo (seg.)} \end{array} \right.$
- Unidad Fundamental (Sist. Absoluto) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Long. (m)} \\ \text{Masa (Kg.)} \\ \text{Tiempo (seg.)} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Unidades derivadas} \\ \text{fuerza Newton(N)} \\ \text{Trabajo Joule (J)} \end{array} \right.$
- Unidad Fundamental (Sist. Gravitac.) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Long. (m)} \\ \text{Fuerza (Kgf)} \\ \text{Tiempo (seg.)} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Unidades derivadas} \\ \text{masa UTM} \\ \text{trabajo Kgf·m} \end{array} \right.$

Sistema Absoluto

$$1Kgf·m = 1Kg \times g_n \frac{m}{s^2}$$

g_n = aceleración norma gravitacional

$$1N = 1Kg \times 1 \frac{m}{s^2}$$

g_c = valor

$$1Kgf·m = g_c \times N$$

g = aceleración local gravitacional

$$1Kgf·m = 9,80665 J$$

$g_c = g_n \rightarrow$ iguales numéricamente mas distinto en su unidad $g_n(m/s^2)$

$$\frac{1N}{1Kgf} = \frac{1}{g_n}$$

$$\frac{g_n}{1} = g_c = 9.80665$$

$$1Kgf = \frac{g_n}{1} \times N$$

$$1Kgf·m = 1 \cdot g_c (J)$$

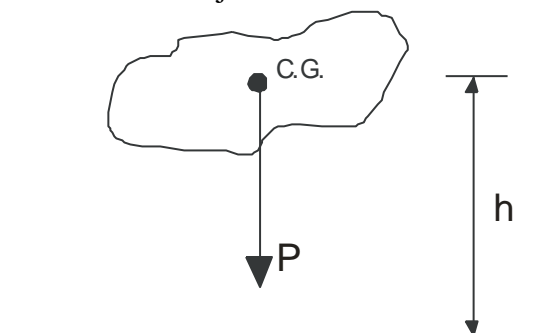
3. Energía

1) 1ra Definición: Energía es la capacidad que posee un cuerpo o un sistema de cuerpos de generar trabajo.

2da Definición: Energía es la causa de modificación de los parámetros que definen un estado de reposo de un cuerpo o de un sistema de cuerpos o de su estado de movimientos.

2) Tipos de Energía: Eléctrica, mecánica, sonora, química, solar, eólica, calorífica, hidráulica, etc.

3) Energía Potencial: Es la potencialidad que posee un cuerpo o un sistema de cuerpos de realizar trabajo.





TERMODINÁMICA

CAPITULO I – Conceptos Fundamentales

$$E_P = \underbrace{P}_{\text{N}} \times \underbrace{h}_{\text{m}} \rightarrow (J)$$

$$E_P = \underbrace{P}_{\text{Kgf}} \times \underbrace{h}_{\text{m}} \rightarrow (\text{Kgf} \cdot \text{m})$$

$$E_P = \underbrace{P}_{\text{m} \cdot g} \times h = \underbrace{m}_{\text{kg}} \underbrace{g}_{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \underbrace{h}_{\text{m}} \rightarrow (J)$$

$$E_P = m \underbrace{\frac{g}{g_c}}_{\text{Kgf}} \underbrace{h}_{\text{m}} \rightarrow (\text{Kgf} \cdot \text{m})$$

$$e_p = g \cdot h \left(\frac{J}{\text{Kg.}} \right) \quad e_p = \frac{g}{g_c} \times h \left(\frac{\text{Kgf} \cdot \text{m}}{\text{Kg.}} \right)$$

- 4) Energía Cinética: Es la energía inherente de un cuerpo o de un sistema de cuerpos que posee movimiento.

$$E_c = \frac{1}{2} \underbrace{m}_{\text{Kg}} \underbrace{w^2}_{\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} \rightarrow (N \times m) \rightarrow (J) \rightarrow \left(\text{Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)$$

$$E_c = \frac{1}{2g_c} \cdot m \cdot w^2 \quad (\text{Kgf} \cdot \text{m}) \quad \frac{\text{Kgf} \cdot \text{m}}{\frac{m}{\text{s}^2}} \times \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$e_c = \frac{1}{2} \cdot w^2 \left(\frac{J}{\text{Kg.}} \right)$$

$$e_c = \frac{1}{2g} \cdot w^2 \left(\frac{\text{Kgf} \cdot \text{m}}{\text{Kg.}} \right)$$

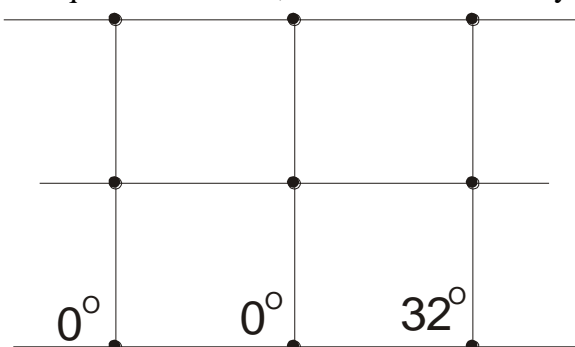
- 5) Energía Térmica: Es la energía que modifica la temperatura de un cuerpo, que define el estado de un sistema.

- 6) Temperatura: Define el grado térmico del sistema, además se define como una calidad del calor.

4. Escala de temperaturas:

La temperatura es el grado o nivel calorífico adquirido por un cuerpo.

El equilibrio térmico, ocurre cuando no hay más variación de temperatura $\Delta t=0$



$$\frac{{}^{\circ}\text{F} - 32}{180} = \frac{{}^{\circ}\text{K}}{80} = \frac{{}^{\circ}\text{C}}{100}$$

$${}^{\circ}\text{C} = {}^{\circ}\text{K} - 273$$

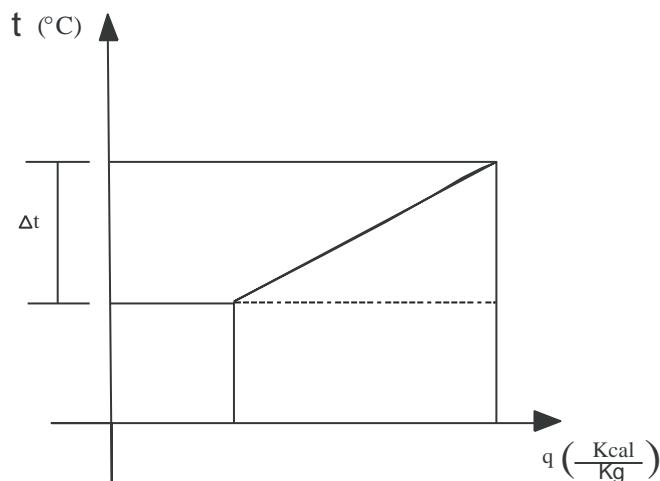


5. Calor:

Es una forma de energía, calor es diferente de temperatura. Si se cede calor a un gas se usa una parte para aumentar su temperatura. (Energía Interna “U”) y otra parte para dilatarlo.

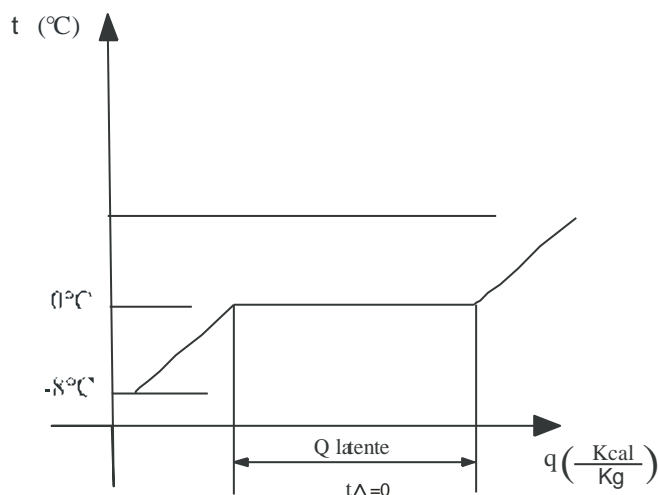
1) Calor sensible:

Es el calor cedido y/o absorbido por una sustancia en que existe una variación de temperatura.



2) Calor latente:

Es el calor cedido y/o absorbido por una sustancia en que no existe una variación de la temperatura.



3) Unidades: Kcal – criterios

$Kcal_{15^\circ}$ → Es la cantidad de calor necesaria para calentar 1Kg de agua de 14,5°C a 15,5°C a presión de 1 atm.

$Kcal_{NBS}$ → Es la cantidad de calor necesaria para calentar 1Kg de agua a presión de 1atm., de 0°C a 100°C en media.

$Kcal_{INTERNAC}$ → Definida en términos de energía eléctrica y vale 1/860Kwh.

BTU → Es la cantidad de calor necesario para elevar 1 libra de agua de 1°F a presión de 1atm.



TERMODINÁMICA

CAPITULO I – Conceptos Fundamentales

4) Balance térmico: Es un sistema cerrado, el calor cedido es igual al calor recibido.

$$Q_{cedido} = Q_{recibido}$$

6. Calor Específico:

Cuando se cede calor a un cuerpo sólido o líquido, esta varía su temperatura, nos interesa la relación entre estas grandezas.

Se debe evitar que ocurran reacciones químicas endotérmica y exotérmica y que ocurran mudanzas de estado físico.

Un cuerpo de masa m , recibe Q Kcal y existe $m \cdot dt$.

$$q = \frac{Q}{m} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg.}} \right) \quad q \rightarrow \text{cantidad de calor específico} \left(\frac{\text{Kcal.}}{\text{Kg.}} \right)$$

$$dq = \frac{dQ}{m}$$

$$dq = c \cdot dt$$

$$cdt = \frac{dQ}{m}$$

$$\boxed{dQ = m \cdot c \cdot dt}$$

Diferenciando

$$dq = \frac{dQ}{m}$$

$$dq \cdot m \cdot dt$$

$$dq = c \cdot dt$$

$$c = \frac{dq}{dt}$$

$c \rightarrow$ coef. de proporcional.
que depende de la sustancia

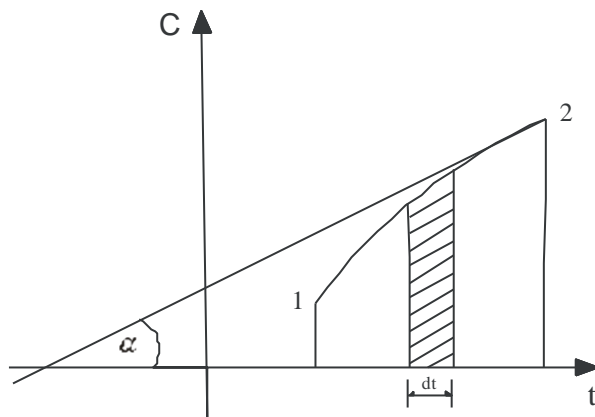
a) Aspecto finito de la expresión fundamental de la calorimetría

$$Q = m \int_{t_1}^{t_2} c \cdot dt \quad c=f(t)$$

Calor específico medio

$$Q = mC_m \Delta t \rightarrow \text{entre } t_1 \text{ y } t_2, C_m \text{ es el calor específico medio}$$

$$Q = mC_m(t_2 - t_1) \rightarrow \text{fórmula práctica usada}$$



$$c \, dt = \frac{dq}{m}$$

$$c = \frac{dq}{dt}$$

Capacidad calorífica

$$mc = \frac{dQ}{dt} \left(\frac{Kcal.}{^{\circ}C} \right) \text{ o } \left(\frac{Kcal.}{^{\circ}C} \right)$$

7. Equivalencias

- Equivalente térmico del trabajo (A)

$$A = \frac{1}{427} = 0.0023438 \left(\frac{Kcal.}{Kgf \cdot m} \right)$$

$$1Kcal. = 427 \text{ } Kgf \cdot m$$

- Equivalente mecánico del calor (E)

$$E = \frac{1}{A} = 427 \left(\frac{Kgf \cdot m}{Kcal.} \right)$$

- Energía cinética y energía potencial en unidades térmicas

$$E_p = A \cdot m \cdot \frac{g}{g_c} \cdot h \text{ (Kcal.)}$$

$$e_p = A \cdot \frac{g}{g_c} \cdot h \left(\frac{Kcal.}{Kg.} \right)$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{A}{g_c} \cdot m \cdot w^2 \text{ (Kcal.)}$$

$$e_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{A}{g_c} \cdot w^2 \left(\frac{Kcal.}{Kg.} \right)$$

8. Sistema:

- Aspecto general: Es cualquier parte del universo material., considerado aisladamente para su estudio y verificación.
- Aspecto particular: Es cualquier sustancia o conjunto de sustancias limitadas por una superficie ideal o no, determinada frontera que está aislada de la acción de cuerpos extraños al sistema.

9. Medio Exterior (medio ambiente o recipiente térmico)

- a) Definición: Es cualquier porción del universo que no compone el sistema y que tenga un común con este ultimo, una superficie real o ideal, a través del cual realiza cambios de energía.



TERMODINÁMICA

CAPITULO I – Conceptos Fundamentales

b) Clasificación de los sistemas:

- | | | |
|---------|---|---|
| Sistema | { | homogéneo. |
| | | heterogéneo. |
| Sistema | { | aislado: no cambia energía a través de su frontera |
| | | no aislado: cambia energía a través de su frontera |
| Sistema | { | Abierto: aquel en que la masa que compone el sistema atraviesa su frontera. |
| | | Cerrado: aquel que no atraviesa su frontera |

Sistema abierto

1. Con movimiento permanente: existe igualdad en la cantidad de masa que entra y que sale del sistema.
2. Con movimiento no permanente: cuando existe una desproporción entre la masa que sale y que entra al sistema.

c) Parámetro:

Es toda grandeza o propiedad física que caracteriza la condición instantánea de un sistema (masa, temperatura, volumen, presión, etc.)

- Intensivo: Es aquel que independe de la cantidad de masa que compone el sistema.
- Extensivo: Es aquel que depende de la cantidad de masa que compone el sistema.

10. Ecuación de estado:

Relación matemática unívoca relacionando un determinado parámetro con otros tomados arbitrariamente.

11. Equilibrio Termodinámica:

El equilibrio termodinámico ocurre cuando los parámetros de un determinado sistema no varían con el tiempo.

- Equilibrio químico: la composición química del sistema es constante.
- Equilibrio mecánico: no debe existir movimientos macroscópicos dentro del propio sistema o entre el sistema y el medio exterior.
- Equilibrio térmico: la temperatura debe ser mantenida constante.

12. Transformaciones:

a) Definición: Es toda mudanza de estado del sistema, cuando ocurre variación de cualquiera de sus parámetros.

b) Clasificación:

1. Transformación virtual: Es aquella compatible con la ecuación de estado.
2. Transformación real: Es aquella que es realizable y debe necesariamente cumplir la condición de ser virtual.
3. Transformación abierta: el estado final no coincide con el estado inicial.
4. Transformación cerrada: (ciclo), es aquella transformación en que el estado inicial y el estado final son coincidentes, desde que el precurso de ida sea diferente del precurso de vuelta.
5. Transformación reversible: es aquella que puede ser realizada también en sentido inverso.

13. Trabajo en los sistemas elásticos

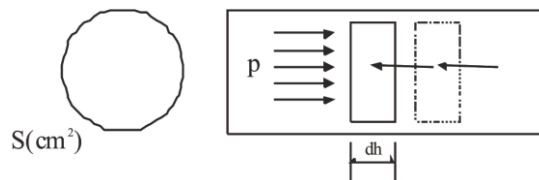
Sistema elástico: Es aquel que varía enormemente su volumen cuando se alteran otros parámetros del sistema.



TERMODINÁMICA

CAPITULO I – Conceptos Fundamentales

- Definición: Trabajo ocurre cuando el sistema se disloca, venciendo la resistencia que lo detiene.
- Tipos de trabajo en los sistemas mecánicos:
 - Trabajo mecánico: aquel debido a la variación de volumen del sistema.
 - Trabajo de flujo: aquel gastado para dislocar masa en un conducto.
 - Trabajo de circulación: aquel que considera en forma global los trabajos de flujo y mecánico en un proceso de bombeamiento.
- Trabajo mecánico: la transformación es reversible



Su transformación es reversible.

dh es pequeño y la p=cte.

$$\underbrace{p \cdot s \cdot \partial h}_{\partial v} = \partial L$$

$$dL = p \cdot dV \quad (Kgfm)$$

$$\frac{V}{m} = v \left(\frac{m^3}{Kg.} \right)$$

$$dl = p \cdot dv \quad \left(\frac{Kgfm}{Kg.} \right)$$

$$v = \frac{1}{\rho} \quad \left(\frac{Kg.}{m^3} \right)^{-1}$$

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dV$$

– Convención de senales

l(+) \rightarrow dv(+) expansión

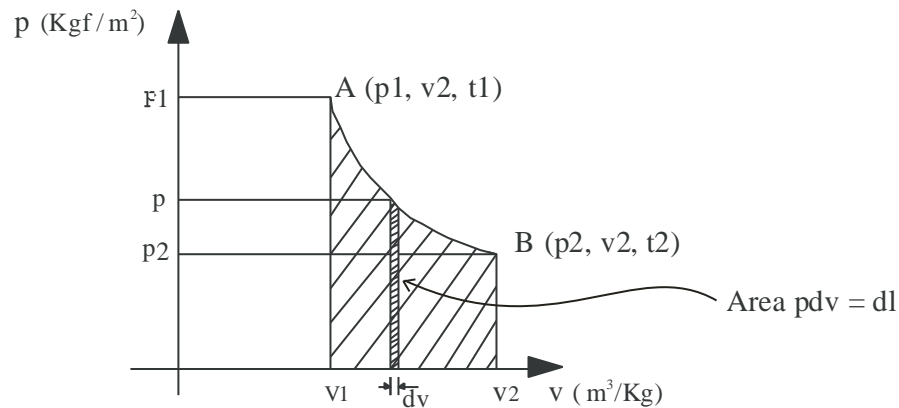
l(-) \rightarrow dv(-) compresión

$$Adl_m = A \cdot p \cdot dv \quad \left(\frac{Kcal.}{Kg.} \right)$$

$$Al_m = A \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv \quad \left(\frac{Kcal.}{Kg.} \right)$$



Representación Gráfica



$$l_m = \int p dv$$

- En un diagrama de Clayperon ($P \times v$), el área bajo la curva representativa de una transformación reversible, representa el trabajo mecánico del proceso o transformación.

Observaciones:

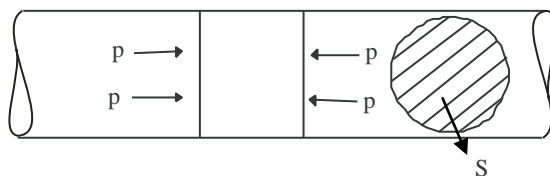
-- El trabajo mecánico depende solamente del camino recorrido, es una función de línea que matemáticamente corresponde a una diferencia inexacta, por su vez la presión depende exclusivamente de los extremos del proceso, y es denominada de una función de puntos, corresponde matemáticamente a una diferencia exacta.

- d) Trabajo de Flujo: Es un trabajo de bombeamiento, decurrente del movimiento de un fluido.

Obs.: $L_f \rightarrow \text{Kgfm}$ (trabajo de flujo)

$l_f \rightarrow \text{Kgfm/Kg}$ de masa que circula (trabajo específico)

Definición: L_f es el trabajo necesario para dislocar de una distancia h , una cierta cantidad de fluido que circula en un sistema.



$$p \cdot \overbrace{s \cdot h}^v = p \cdot v \text{ (Kgfm)} \quad \text{---}$$

$$L_F = P \cdot V \text{ (Kgfm)}$$

$$l_F = p \cdot v \left(\frac{\text{Kgfm}}{\text{Kg.}} \right)$$

- e) Trabajo de Circulación:

Es sistema a las máquinas de flujo continuo (turbina, compresores, etc)



TERMODINÁMICA

CAPITULO I – Conceptos Fundamentales

Definición: Además del trabajo mecánico tenemos que llevar en consideración el trabajo de flujo que el fluido trae consigo al entrar en el sistema y el trabajo de flujo perdido con el fluido a la salida del sistema.

- Trabajo de circulación $L_c = L_f$ que el fluido trae consigo al entrar en el sistema + L_m gastado L_f que el fluido lleva consigo al salir del sistema.

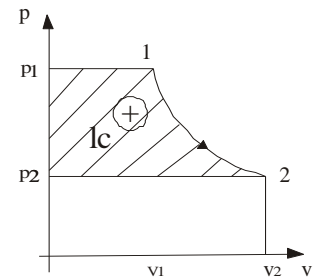
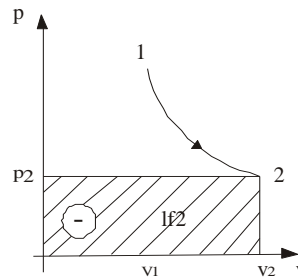
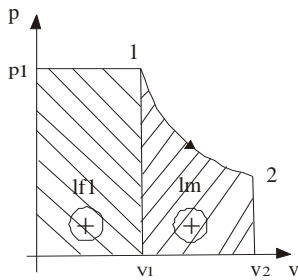
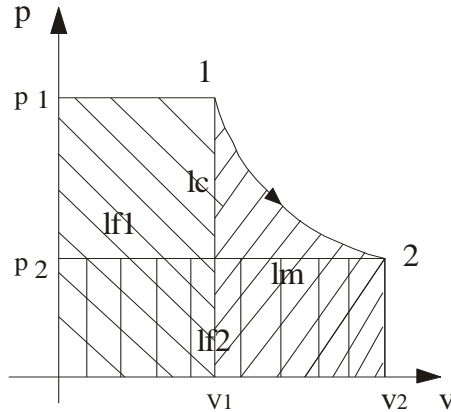
$$L_c = L_{f_{entrada}} + L_m - L_{f_{salida}}$$

Obs.: $L_c \rightarrow \text{Kgfm}$

$l_c \rightarrow \text{Kgfm} / \text{Kg}$. Del fluido que circula

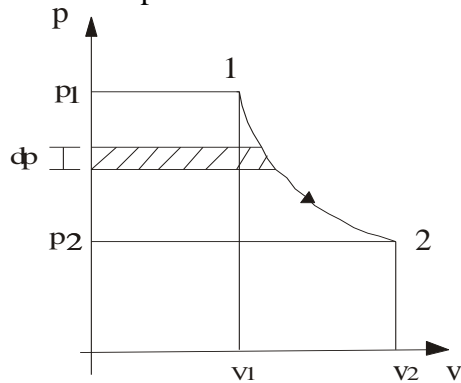
$$l_c = p_1 v_1 + \int_{v_1}^{v_2} p \, v - p_2 v_2 \quad \left(\frac{\text{Kgfm}}{\text{Kg}} \right)$$

Gráficamente





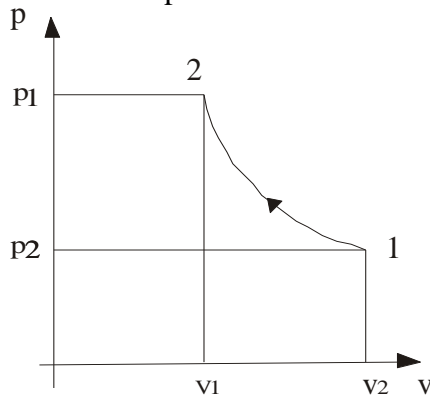
En una Expansión



$$l_c = - \int_{p_1}^{p_2} v \cdot dp \quad \left(\frac{Kgf \cdot m}{Kg} \right)$$

dp (-) → si $l_c(-)$ y $l_m(+)$

En una Compresión



dp (+) → si $l_c(+)$ y $l_m(-)$

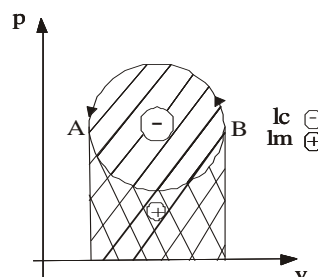
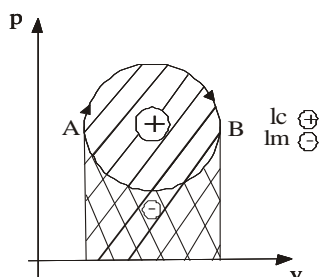
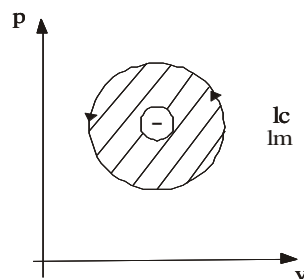
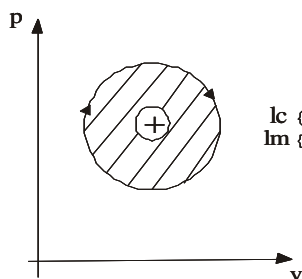
dp=0 → para $l_c=0$ y $l_m=0$

Por definición y acompañado el sistema de señales colocamos el signo (-) en la frente de la integral del trabajo de circulación para una expansión.

f) Trabajo de un sistema que evoluciona según un ciclo cerrado: que evoluciona según un ciclo cerrado.

1- Sentido horario

2- Sentido antihorario





14. Ejercicios

- 1) Un cuerpo de determinada masa está sometida a la acción de una fuerza gravitacional de 62 Kgf. Calcular la masa de este cuerpo sabiendo que en el lugar en que se encuentra, una masa de 20 Kg acusa un peso de 19,90 Kgf.
- 2) Un cuerpo cuya masa vale 10Kg tiene una velocidad de 2 m/seg. Calcular su energía cinética en Kgf·m/Kg y en Joules.
- 3) Para una sustancia cuya masa vale 40Kg se requiere aplicar una potencia de 2CV durante 1min. Para aumentar su temperatura de un grado centígrado (1°C). Suponiendo que no haya pérdidas de calor, calcular el calor específico medio de la sustancia en esta transformación.
- 4) En un recipiente existen un líquido de calor específico de $0,8\text{cal/gr.}^{\circ}\text{C}$, con la temperatura de 25°C y masa de 200gr. Se adiciona 10gr de hielo a 0°C . Calcular la temperatura final de la mezcla, suponiendo que no haya pérdidas de calor con el medio ambiente. Dado: calor de fusión del hielo = 80cal/gr . Calor específico del hielo $1,0\text{cal/gr.}^{\circ}\text{C}$.
- 5) En un sistema cerrado, un fluido realiza una expansión a presión constante de 1Kgf/cm^2 de forma reversible, aumentando su volumen de $0,12\text{m}^3$ hasta $0,30\text{m}^3$. La masa es de 3Kg, calcular:
 - a) El trabajo mecánico realizado.
 - b) El trabajo específico (por unidad de masa).
 - c) El volumen inicial.
 - d) El volumen final.
 - e) Mostrar en un plano $P \times V$ y $p \times v$, indicando el trabajo realizado.
- 6) En un compresor de aire se mide un trabajo de 18.620 Kgf/Kg para la compresión. El aire entra a 1 Kgf/cm^2 con un volumen de $0,843\text{ m}^3/\text{Kg}$. Lo comprime hasta 9 Kgf/cm^2 y $0,134\text{m}^3/\text{Kg}$. Diseñar el área indicada del trabajo de circulación en un plano $p \times v$ con indicación de los trabajos en cuestión. Calcular
 - a) El trabajo de circulación
 - b) La potencia teórica para que el compresor produzca $100\text{Kg}_{\text{aire}}/\text{hora}$