



TERMODINAMICA

I

2011 – II

UNIDAD

Nº 1

SESION Nº 3

FORMAS DE ENERGIA

La energía puede existir en varias formas: térmica, mecánica, cinética, potencial, eléctrica, magnética, química, nuclear, etc. Cuya suma conforma la energía total del sistema **E**, y cuando se puede expresar por unidad de masa se denota con **e**.

$$e = \frac{E}{m} \quad \dots (1) \quad \dots (kJ/kg)$$

La termodinámica no proporciona información acerca del valor absoluto de la energía total, sólo trata con el cambio de ésta.

El cambio de energía total de un sistema es independiente del punto de referencia seleccionado.

Las diversas formas de energía que conforman la energía total de un sistema se pueden agrupar en dos tipos:

A.- FORMAS MACROSCOPICAS.-

Son los tipos de energía que se relacionan con el movimiento y la influencia de algunos factores externos como la gravedad, el magnetismo, la electricidad y la tensión superficial.

Energía Cinética.- (EC).- La energía que posee un sistema como resultado de su movimiento en relación a cierto marco de referencia se llama energía cinética. Cuando todas las partes de un sistema se mueven con la misma velocidad, la energía cinética se expresa como:

$$EC = m \frac{v^2}{2} \dots (2) \quad \dots kJ$$

y cuando es por unidad de masa:

$$ec = \frac{v^2}{2} \dots (3) \quad \dots kJ/kg$$

La energía cinética de un cuerpo sólido que gira se determina mediante:

$$ec = \frac{1}{2} I \omega^2 \dots\dots\dots (*)$$

I es el momento de inercia del cuerpo y ω es la velocidad angular.

Energía Potencial.- (EP).- La energía que posee un sistema como resultado de su elevación en un campo gravitacional se llama energía potencial y se expresa como:

$$EP = m g z \dots\dots\dots (4)$$

y por unidad de masa es: $ep = g z \dots\dots\dots (5)$

B.- FORMAS MICROSCOPICAS.-

Son los tipos de energía que se relacionan con la estructura molecular de un sistema y el grado de actividad molecular y son independientes de los marcos de referencia externos.

La suma de todas las formas microscópicas de energía se denomina **ENERGIA INTERNA** de un sistema y se denota mediante **U**.

La energía total de un sistema se puede expresar como:

$$E = U + EC + EP = U + m \frac{v^2}{2} + m g z \dots\dots (6) \dots \text{kJ.}$$

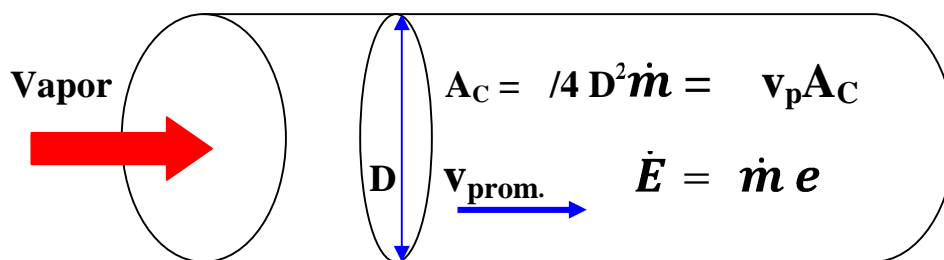
Por unidad de masa :

$$e = u + ec + ep = u + \frac{v^2}{2} + g z \dots\dots (7) \dots \text{kJ/kg}$$

Los sistemas cerrados cuya velocidad y elevación del centro de gravedad permanecen constantes durante un proceso se denominan **SISTEMAS ESTACIONARIOS**.

Los volúmenes de control que tienen que ver con el flujo de un fluido durante largos periodos de tiempo, se expresan en función de tasa de flujo de energía en relación con una corriente de fluido.

Esto se consigue empleando el flujo másico, \dot{m} , que es la cantidad de masa que fluye por una sección transversal por unidad de tiempo y se relaciona con el flujo volumétrico, \dot{V} , definido como el volumen de un fluido que fluye por una sección transversal por unidad de tiempo, es decir:



$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho A_C v_{prom} \dots \dots \dots (8) \dots \dots \dots \text{ kg/s}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots = \text{densidad del fluido}$$

A_C = área de la sección transversal del flujo

v_{prom} = velocidad del flujo

El flujo de energía relacionado con un flujo de fluido que se desplaza a una tasa de \dot{m} es:

$$\dot{E} = \dot{m} e \dots \dots \dots (9) \dots \dots \dots \text{ kJ/s} = \text{kW}$$

ENERGIA INTERNA.-

Se definió como la suma de todas las formas microscópicas de energía de un sistema y es que se relaciona con la estructura molecular y el grado de actividad molecular y se puede considerar como la suma de las energías cinética y potencial de las moléculas.

a.- Las moléculas de gas se mueven en el espacio con cierta velocidad , por tanto poseen alguna energía cinética, esto es energía de traslación.

b.- Los átomos de las moléculas poliatómicas rotan con respecto a un eje y la energía relacionada con este hecho se denomina energía cinética rotacional.

c.- Los átomos de este tipo de moléculas vibran con respecto a su centro de masa común, la energía relacionada con este fenómeno se denomina energía cinética vibratoria.

d.- Los electrones en un átomo giran en torno al núcleo y por tanto poseen energía cinética rotacional.

e.- Los electrones también giran en torno a su eje, la energía relacionada con este movimiento es la energía de giro o spin.

f.- Las otras partículas ubicadas en el núcleo de un átomo también tiene energía de giro.

(*). La porción de la energía interna de un sistema relacionada con la energía cinética de las moléculas se denomina ENERGIA SENSIBLE.

(*). Las fuerzas que unen las moléculas entre sí, son más intensas en los sólidos que en los gases; si se agrega suficiente energía, se superan a las fuerzas moleculares y ocurre un CAMBIO DE FASE, por lo que la energía relacionada con la fase de un sistema se denomina ENERGIA LATENTE.

g.- En su núcleo un átomo tiene neutrones y protones enlazados entre sí por intensas fuerzas; la energía interna relacionada con los enlaces atómicos en una molécula se llama ENERGÍA QUÍMICA.

h.- Las fuerzas nucleares son más intensas que las fuerzas que unen a los electrones con el núcleo; por lo que la enorme cantidad de energía relacionada con los fuertes enlaces dentro del núcleo se denomina ENERGIA NUCLEAR.

C.- ENERGIA MECANICA.-

La energía mecánica puede definirse como la forma de energía que se puede convertir completamente en trabajo mecánico de modo directo mediante un dispositivo mecánico como una turbina ideal.

(*) Una bomba transfiere energía mecánica a un fluido al elevar la presión de éste y una turbina extrae energía mecánica de un fluido al disminuir su presión.

La presión de un fluido en movimiento se relaciona con su energía mecánica

La unidad de presión en el SI es el: $\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \text{N} \cdot \text{m/m}^3 = \text{J/m}^3$

Que es energía por unidad de volumen y el producto PV o su equivalente $P/(\text{J/kg})$ es la energía por unidad de masa.

Una fuerza de presión que actúa sobre un fluido a través de una distancia produce trabajo de flujo en una cantidad $P/$ por unidad de masa.

La energía mecánica de un fluido en movimiento por unidad de masa se expresa

como :

$$e_{\text{mecánica}} = \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + g z \dots (10)$$

$P/$ = energía de flujo $v^2/2$ = energía cinética

$g z$ = energía potencial ; también se puede expresar:

$$\dot{E}_m = \dot{m} e_m = \dot{m} \left(\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + g \cdot z \right) \dots (11)$$

\dot{m} = flujo másico del fluido

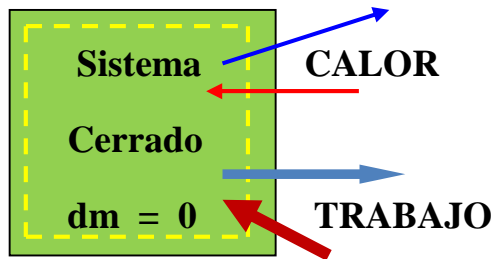
El cambio de energía mecánica de un fluido durante flujo compresible (= const.) es:

$$e_{\text{mec}} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g (z_2 - z_1) \dots (12) \quad \text{kJ/kg}$$

$$\dot{E}_{\text{mec}} = \dot{m} e_{\text{mec}} = \dot{m} \left(\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g (z_2 - z_1) \right) \dots (13) \quad \text{kW}$$

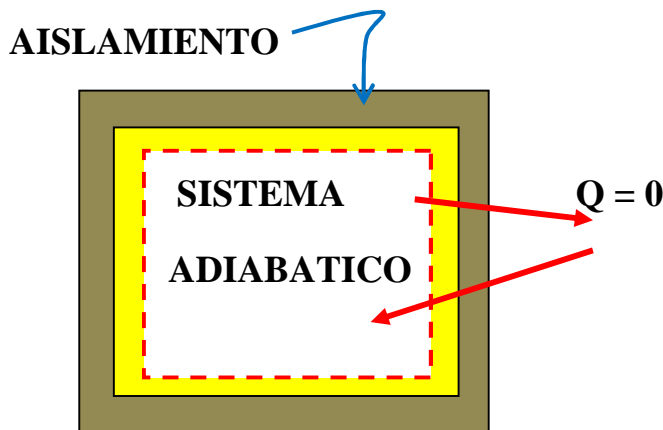
D.- TRANSFERENCIA DE ENERGIA POR CALOR.-

La energía puede cruzar la frontera de un sistema cerrado en la forma de calor y trabajo.



El calor es la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas debido a una diferencia de temperatura.

Un proceso durante el cual no hay transferencia de calor se denomina proceso adiabático (proviene del griego ADIABATHOS, no pasar).



- a. Sistema bien aislado, una cantidad insignificante cruza la frontera.
- b.- El sistema como los alrededores están a la misma temperatura y no hay T.

La cantidad de calor transferido durante un proceso entre los estados 1 y 2, se denota mediante **Q** y la transferencia de calor por unidad de masa de un sistema se denota por **q**.

$$q = \frac{Q}{m} \dots\dots\dots (14) \quad \dots\dots \text{kJ/kg}$$

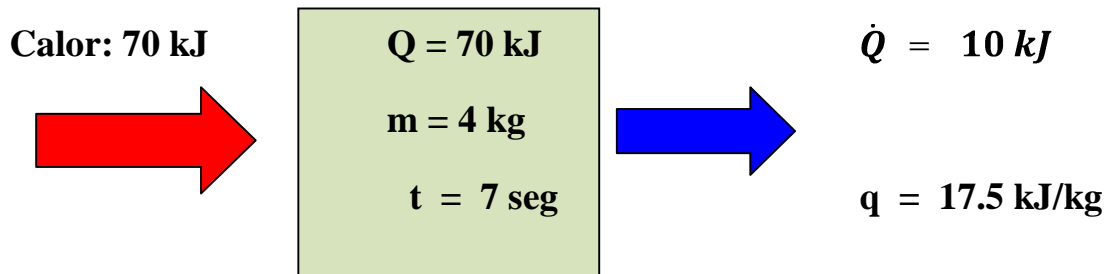
La tasa de transferencia de calor por unidad de tiempo se denota mediante **Q̇**

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt \dots\dots\dots (15) \quad \dots\dots\dots \text{kJ.}$$

$$Q = \dot{Q} t \dots\dots\dots (16) \quad \dots\dots \text{kJ}$$

$$\dot{Q} = \frac{kJ}{s} = kW$$

Relaciones entre Q, q y \dot{Q} :



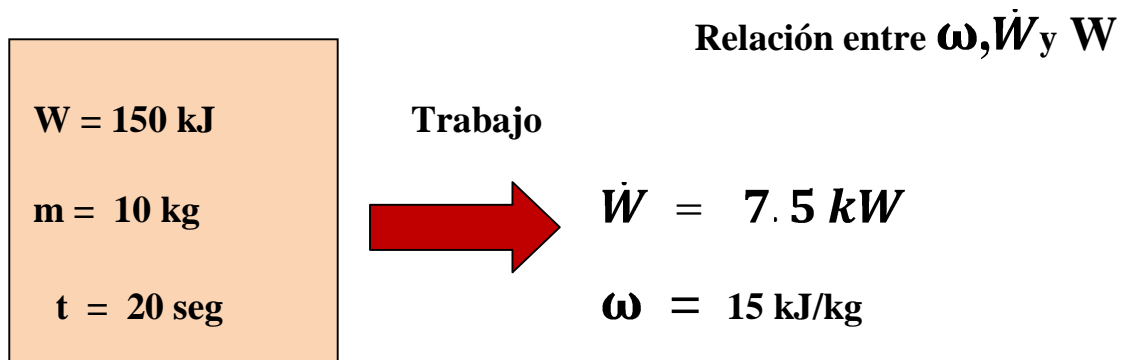
E.- TRANSFERENCIA DE ENERGIA POR TRABAJO.-

El trabajo es la transferencia de energía relacionada con una fuerza que actúa a lo largo de una distancia, ej. Un pistón ascendente, un eje que gira, etc.

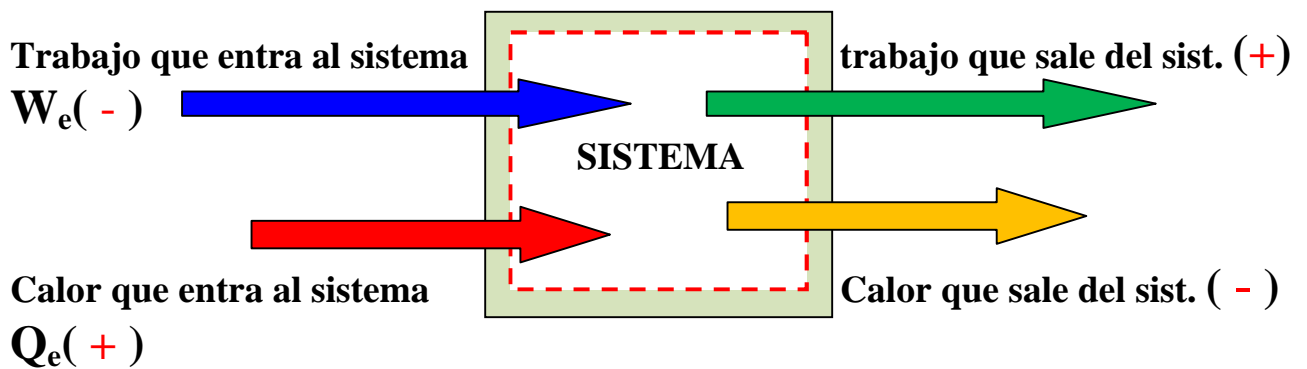
El trabajo realizado durante un proceso entre los estados 1 y 2 se denota mediante W y el trabajo realizado por unidad de masa es w

$$w = \frac{W}{m} \dots\dots (17) \dots\dots \text{kJ/kg}$$

El trabajo realizado por unidad de tiempo se llama POTENCIA y se denota por \dot{W} y se mide en kJ/s ó kW.



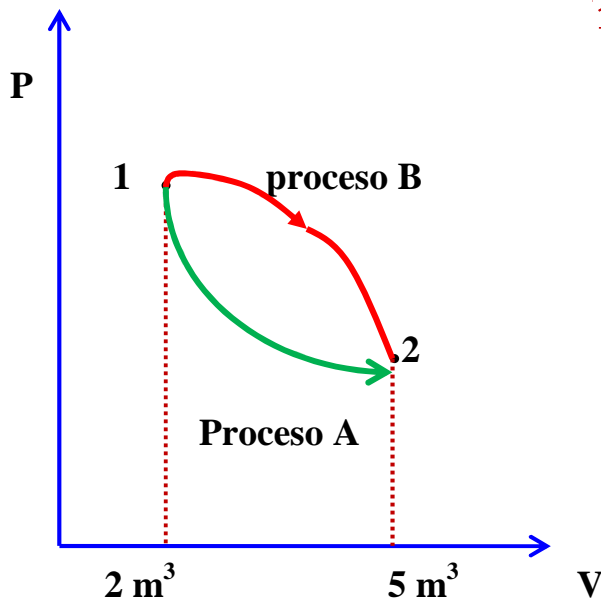
CONVENCION DE SIGNOS :



Las propiedades de un sistema son funciones puntuales, es decir, sólo dependen del estado y no de cómo se llega a ese estado y tienen diferenciales exactas (dV)

Un pequeño cambio en el volumen se representa por dV y el cambio de volumen total durante un proceso entre los estados 1 y 2 es:

$$\int_1^2 dV = V_2 - V_1 = \Delta V$$



Sin importar la trayectoria seguida.

$$V_A = 3 \text{ m}^3$$

$$W_A = 8 \text{ kJ}$$

$$V_B = 3 \text{ m}^3$$

$$W_A = 12 \text{ kJ}$$

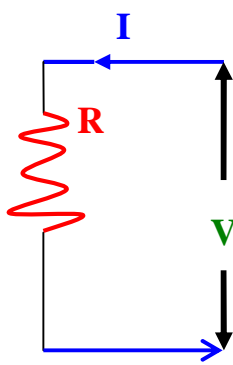
Las funciones de la trayectoria tienen diferenciales inexactas y se representan por δ , luego una cantidad diferencial de calor o trabajo son Q , W .

El trabajo total realizado entre los procesos 1 y 2 es:

$$\int_1^2 \delta W = W_{1-2}$$

F.- TRABAJO ELECTRICO.-

Cuando N Coulombs de carga eléctrica se mueven a través de una diferencia de potencial V , el trabajo realizado es $W_e = V N$



$$\dot{W}_e = VI$$

$$\dot{W}_e = I^2 R$$

$$\dot{W}_e = \frac{V^2}{R}$$

La tasa de trabajo eléctrico es:

$$\dot{W}_e = VI \dots\dots (18) \dots \text{Watts}$$

\dot{W}_e = potencia eléctrica (Watts) ; I = intensidad de corriente eléctrica (Amperios) ; V = voltaje o fuerza electromotriz (Voltios)

El trabajo eléctrico realizado durante un intervalo de tiempo, t , es:

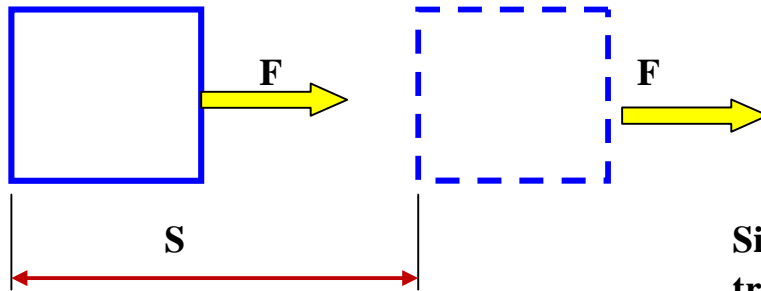
$$W_e = \int_1^2 VI dt \dots\dots (19) \dots \text{kJ}$$

Si V e I permanecen constantes en un intervalo de tiempo, t , se puede escribir:

$$W_e = VI t \dots\dots (20) \dots \text{kJ}$$

G.- FORMAS MECANICAS DEL TRABAJO.-

En mecánica elemental, el trabajo que realiza una fuerza constante F , sobre un cuerpo que se desplaza una distancia S en la dirección de la fuerza es :



$$W = F S \dots (21) \dots \text{kJ}$$

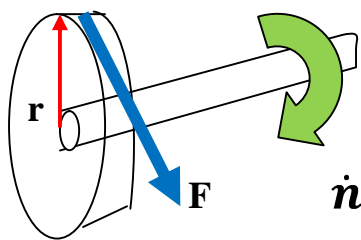
Si la fuerza F no es constante, el trabajo se obtiene mediante.

$$W = \int_1^2 F dS \dots (22) \dots \text{kJ}$$

1.- TRABAJO DE FLECHA.-

El momento de torsión T aplicado al eje es constante, lo que significa que la F aplicada es constante, entonces el trabajo hecho durante n revoluciones se determina mediante:

$$T = F \cdot r \quad \longrightarrow \quad F = \frac{T}{r} \dots (23)$$



$$\dot{W}_f = 2\pi \dot{n} T$$

Esta fuerza actúa a lo largo de una distancia

S que se relaciona con el radio r mediante:

$$S = (2 \pi r) \dot{n} \dots (24)$$

Luego el trabajo de flecha es :

$$W_f = F S = \frac{T}{r} (2 \pi r) n$$

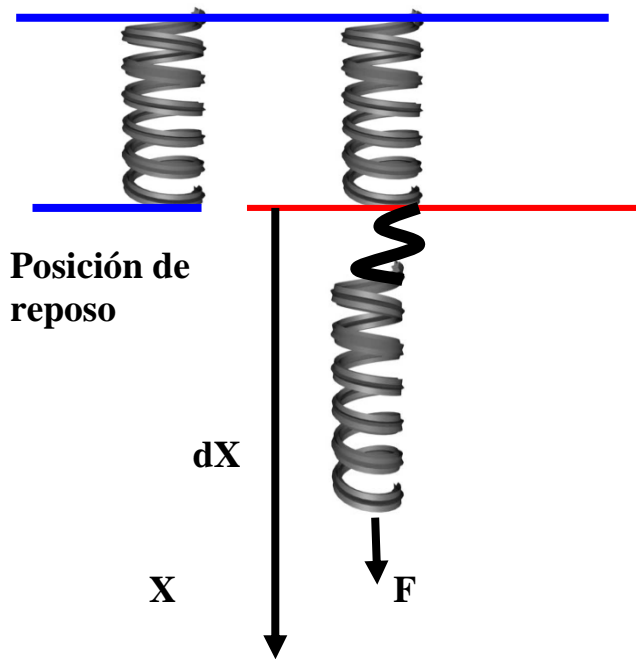
$$W_f = 2 \pi n T \dots (25) \dots \text{kJ}$$

La potencia transmitida mediante la flecha es el trabajo de flecha por unidad de tiempo y se expresa matemáticamente como:

$$\dot{W}_f = 2 \pi \dot{n} T \dots\dots\dots (26) \dots\dots\dots \text{kW}$$

Donde: \dot{n} = número de revoluciones por unidad de tiempo.

2.- TRABAJO DE RESORTE.-(W_r)



Cuando se aplica una fuerza a un resorte, la longitud de éste cambia una cantidad diferencial dX , luego el trabajo efectuado es:

$$W_r = F dX \dots\dots\dots (27)$$

Para determinar el trabajo total del resorte es necesario conocer una relación funcional ente F y X

$$F = k X \dots\dots (28)$$

k = constante del resorte (kN/m); el desplazamiento X se mide desde $X = 0$ para $F = 0$; reemplazando (28) en (27) e integrando se tiene:

$$W_r = \frac{1}{2} k (X_2^2 - X_1^2) \dots\dots (29) \dots \text{kJ}$$

3.- TRABAJO HECHO SOBRE BARRAS SOLIDAS ELASTICAS.-

(W_{elast})

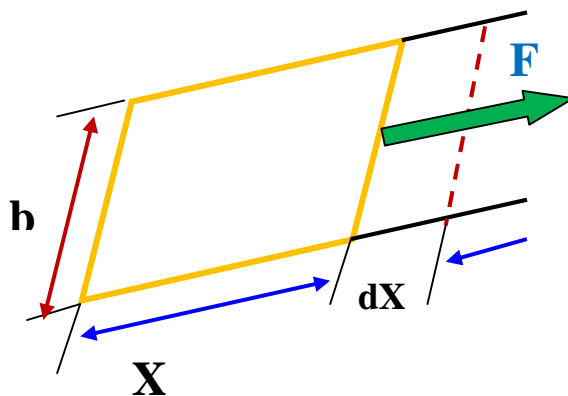
Los sólidos se modelan como resortes lineales debido a que bajo la acción de una fuerza se contraen o alargan y cuando ésta se elimina regresan a su longitud original.

Se puede determinar el trabajo realizado sobre una barra relacionando la contracción o extensión de las barras al sustituir la presión P por su equivalente,

el esfuerzo normal $\sigma_n = F/A$ luego :

$$W_{elast} = \int_1^2 F dX = \int_1^2 \sigma_n A dX \dots\dots (30) \dots \text{kJ}$$

4.- TRABAJO RELACIONADO CON EL ESTIRAMIENTO DE UNA PELICULA LIQUIDA.- (W_{superf})



El trabajo relacionado con el estiramiento de una película se llama trabajo de tensión superficial:

$$W_{superf} = \int_1^2 \sigma_s dA \dots\dots (31) \dots\dots \text{kJ}$$

$dA = 2 b dX \dots\dots$ cambio en el área superficial de la película (la película tiene dos superficies)

La fuerza que actúa sobre un extremo móvil como resultado de la tensión superficial es: $F = 2 b \sigma_s$

σ_s = fuerza de la tensión superficial por unidad de longitud (N/m)

5.- TRABAJO HECHO PARA ELEVAR O ACELERAR UN CUERPO

- La transferencia de trabajo requerida para elevar un cuerpo es igual al cambio en la energía potencial del cuerpo.
- La transferencia de trabajo necesaria para acelerar un cuerpo es igual al cambio de la energía cinética del cuerpo.
- Luego la energía cinética o potencial de un cuerpo representa el trabajo que se obtiene del cuerpo a medida que éste regresa al nivel de referencia o es desacelerado a velocidad cero.

H.- FORMAS NO MECANICAS DEL TRABAJO.-

Las formas de trabajo de naturaleza no mecánica se identifican con una fuerza generalizada F que actúa en la dirección de un desplazamiento generalizado X ; luego se tiene:

$$W = F dX$$

Trabajo eléctrico.- Fuerza generalizada es el voltaje (potencial eléctrico)

Desplazamiento generalizado: carga eléctrica.

Trabajo magnético.- Fuerza generalizada: intensidad de campo magnético
Desplazamiento generalizado momento dipolar magnético.

Trabajo de polarización magnética.- Fuerza generalizada: intensidad de campo eléctrico.

Desplazamiento generalizado: polarización del medio.

