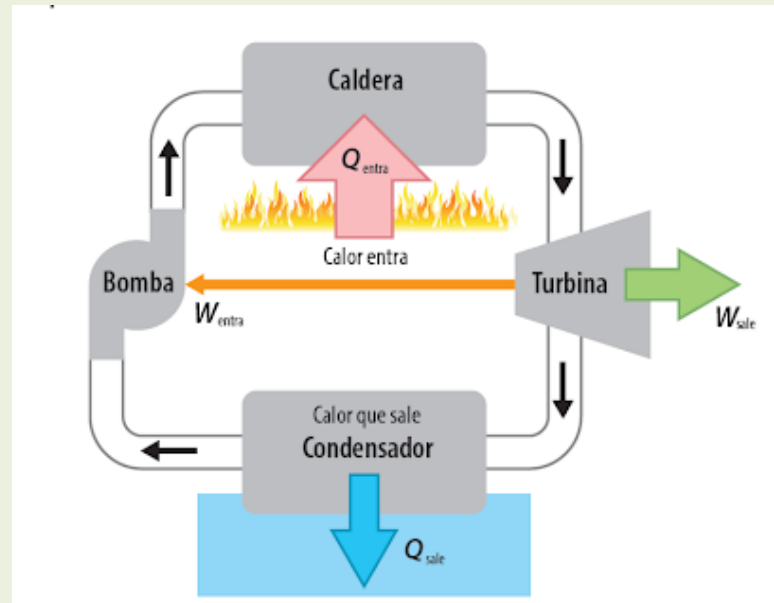


Máquina Térmica : Es cualquier dispositivo que trabajando en ciclos es capaz de transformar **calor** en **trabajo**.

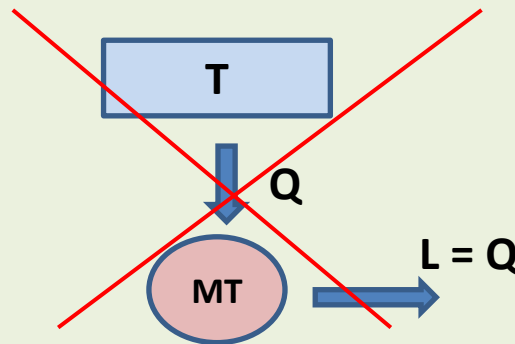
Esquema de una máquina térmica (MT) de vapor:



En una **MT** siempre hay un **sistema** que realiza **un ciclo**. En este caso el sistema es **agua**; el agua se calienta en una caldera (**Absorbe Q_1** de una **fuerza caliente** a T_c) y se transforma en **vapor** a elevada presión, que **mueve** una turbina **realizando** un trabajo ($W_{sale} > 0$), luego ese vapor es enfriado y se condensa (**cede Q_2** a una fuerza fría a T_f) y se vuelve a bombear a la caldera, completando el ciclo.

Como se observa, La **maquina térmica** trabaja entre **2 fuentes de temperatura** T_c y T_f .

- La utilidad de una máquina térmica es el **trabajo L**, que se obtiene a expensas del calor Q_1 absorbido por la fuente caliente. El calor Q_2 entregado a la **fente fría** es un residuo, es decir, no deseado. Lo ideal sería que la máquina transformara todo el calor Q en trabajo L .
- Es decir, la máquina térmica **“ideal”** podría esquematizarse así:



Representaría una máquina que trabajando en **ciclos** extrae calor Q de una **única fuente térmica** (T) para transformarlo enteramente en trabajo $L = Q$.

Vamos a ver enseguida que esta máquina **es imposible** porque **viola la 2º ley**.

Si esta supuesta máquina **funcionara**; debería cumplir la 2ª ley, es decir:

$$\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{MT}} + \Delta S_{\text{fuente}} \geq 0$$

Como la MT funciona en **ciclos**, $\Delta S_{\text{MT}} = 0$, entonces será:

$$\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{fuente}} = Q_{\text{fuente}} / T = - Q / T \text{ (es negativo)}$$

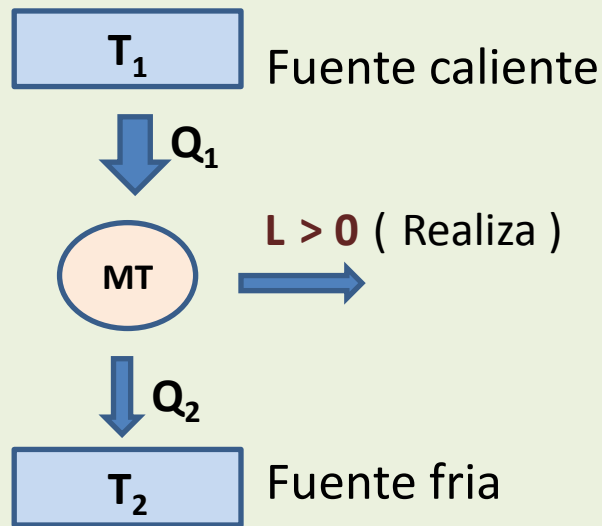
Es **imposible** porque viola la 2ª ley.

(Enunciado de **Kelvin-Planck** de la 2ª ley):

“Es imposible construir una máquina que trabajando en ciclos pueda extraer calor de una única fuente térmica para transformarlo enteramente en trabajo.”

El esquema de una máquina térmica real se puede representar así:

Esquema:



Como la MT debe **cumplir la 1ª ley**: $\Delta U = Q_{\text{total}} - L$; pero $\Delta U = 0$ (**ciclos**), luego:

$$Q_{\text{total}} = Q_1 - Q_2 = L \Rightarrow Q_1 = L + Q_2 \quad (\text{Condición 1º ppio para MT}).$$

Eficiencia o rendimiento de una MT :

Se define como: $e = L / Q_1$

$0 < e < 1$; Una parte de Q_1 se transforma en L , es decir $L < Q_1$
siempre queda como residuo un calor Q_2 (fuente fría).

❖ Como la **MT** debe satisfacer la 2º ley, $\Delta S_{\text{universo}} \geq 0$:

$$\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{MT}} + \Delta S_{\text{Fuente1}} + \Delta S_{\text{Fuente2}} ; \quad \text{como } \Delta S_{\text{MT}} = 0$$

$$\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{Fuente1}} + \Delta S_{\text{Fuente2}} = - Q_1/T_1 + Q_2/T_2 \geq 0$$

Para que se cumpla la 2º ley en una MT; $Q_2 / Q_1 \geq T_2 / T_1$ (La igualdad vale si la MT funciona reversiblemente).

Como $L = Q_1 - Q_2 \longrightarrow e = (Q_1 - Q_2) / Q_1 = 1 - Q_2 / Q_1 \leq 1 - T_2 / T_1$

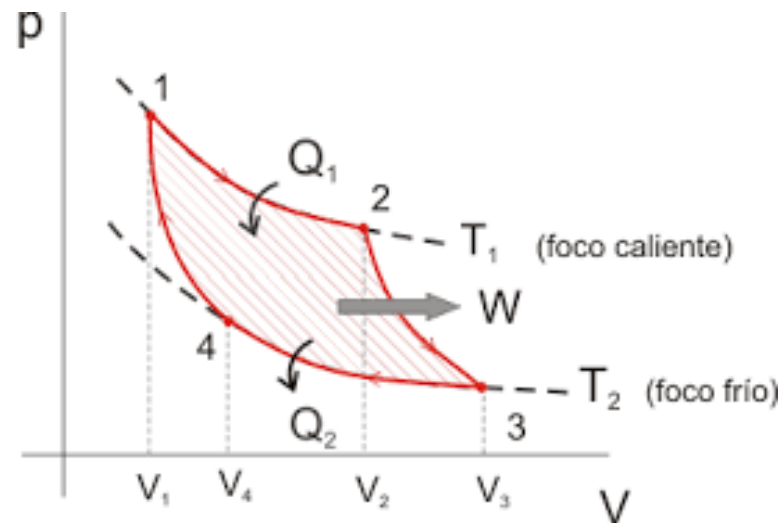
- Para que una MT cumpla con la **2º ley** su eficiencia debe:

$$e = 1 - Q_2 / Q_1 \leq 1 - T_2 / T_1$$

$e_{\max} = 1 - T_2 / T_1$ es el **valor máximo** de eficiencia de una MT que funciona entre T_1 y T_2 . Este valor lo alcanzan las MT cuando **funcionan reversiblemente**. Es decir, las **máquinas reversibles** son las que tienen el **máximo rendimiento**. Son **MT ideales**.

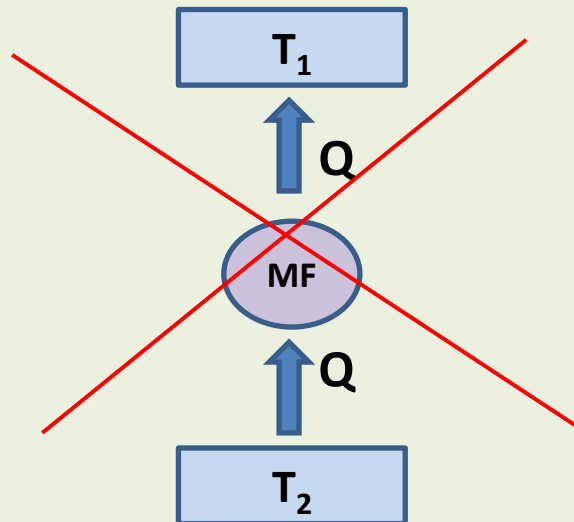
- ❖ Una MT **real** tiene un rendimiento menor (irreversible) $e < e_{\max} = 1 - T_2 / T_1$
- ❖ A las **máquinas reversibles** se las llama también **maquinas de Carnot**.
- ❖ Existe un **ciclo reversible** conocido como el **ciclo de Carnot**.

Ciclo de Carnot : Es un **ciclo reversible** compuesto de **dos transformaciones isotérmicas** (T_1 y T_2) y dos transformaciones **adiabáticas** ($Q=0$) en un **gas ideal**; Si el **ciclo** es recorrido en **sentido horario** funciona como una **MT.** ($L_{\text{CICLO}} = W = Q_1 - Q_2 > 0$). La **eficiencia** de este ciclo vale: $e = W / Q_1 = 1 - T_2 / T_1$ (**ciclo ideal; máxima eficiencia**).



Máquina Frigorífica : Es una máquina que permite **extraer calor Q_2** de una **fuente fría (T_2)** y **entrega un calor Q_1** a una **fuentes caliente (T_1)**. Para que esta máquina funcione hay que **entregarle trabajo**; $L_{\text{ciclo}} < 0$.

- El calor **no puede fluir espontáneamente** de un cuerpo frío a uno mas caliente. Ni tampoco se puede construir una *máquina* que **funcionando en ciclos extraiga calor** de una **fuentes fría (T_2)** para **entregarlo** a una **fuentes caliente (T_1)** , ambas cosas violan la 2º ley:



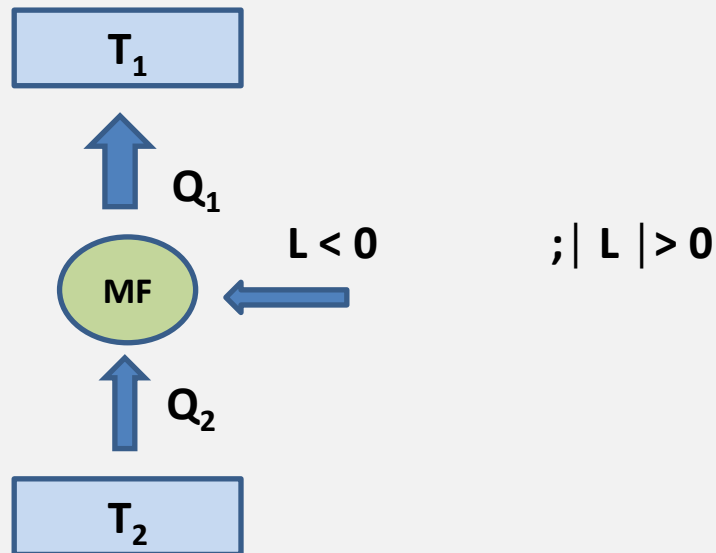
Por la 2º ley; $\Delta S_{\text{univ}} \geq 0$;

$$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{F2} + \Delta S_{F1} = - Q/T_2 + Q/T_1 < 0 \quad (T_2 < T_1)$$

Es imposible (viola la 2º ley)

Esquema de una **máquina frigorífica real** que funciona entre 2 fuentes de temperatura T_1 y T_2 :

- Esquema:



Como esta MF cumple la 1ª ley: $L = Q_{\text{total}} = Q_2 - Q_1 < 0$. ($|L| = Q_1 - Q_2$)

Como debe cumplir la 2ª ley: $\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{F2} + \Delta S_{F1} = -Q_2/T_2 + Q_1/T_1 \geq 0$; es decir:

$$Q_2/Q_1 \leq T_2/T_1$$

Eficiencia de una máquina frigorífica : Se define como:

$$e = Q_2 / |L|$$

Se puede demostrar que una MF cumple la 2ª ley si:

$$e = Q_2 / |L| \leq T_2 / (T_1 - T_2) = e_{\max}$$

- ❖ Este **valor máximo** lo alcanza una **MF** cuando **funciona reversiblemente (MF ideal)**.
- ❖ Cualquier MF **real** que funcione entre T_1 y T_2 tiene una eficiencia **menor** que este valor (si **funciona irreversiblemente** $e < T_2 / (T_1 - T_2)$).
- ❖ **Puede ocurrir que una MF tenga una $e > 1$ (Podría ocurrir que $Q_2 > |L|$)**.
- ❖ Una **MF ideal** (reversible) se conseguiría en un **ciclo de Carnot** recorrido en **sentido antihorario**.