



# TEMA 8

## SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

---

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. NECESIDAD DEL SEGUNDO PRINCIPIO

*(Ley de transformación de la energía): Conversión del calor en trabajo*

### 3. ENUNCIADOS TRADICIONALES DEL SEGUNDO PRINCIPIO:

*Enunciado de Carnot. Enunciado de Kelvin-Planck. Enunciado de Clausius*

### 4. PROCESOS REVERSIBLES E IRREVERSIBLES



# REFERENCIAS

---



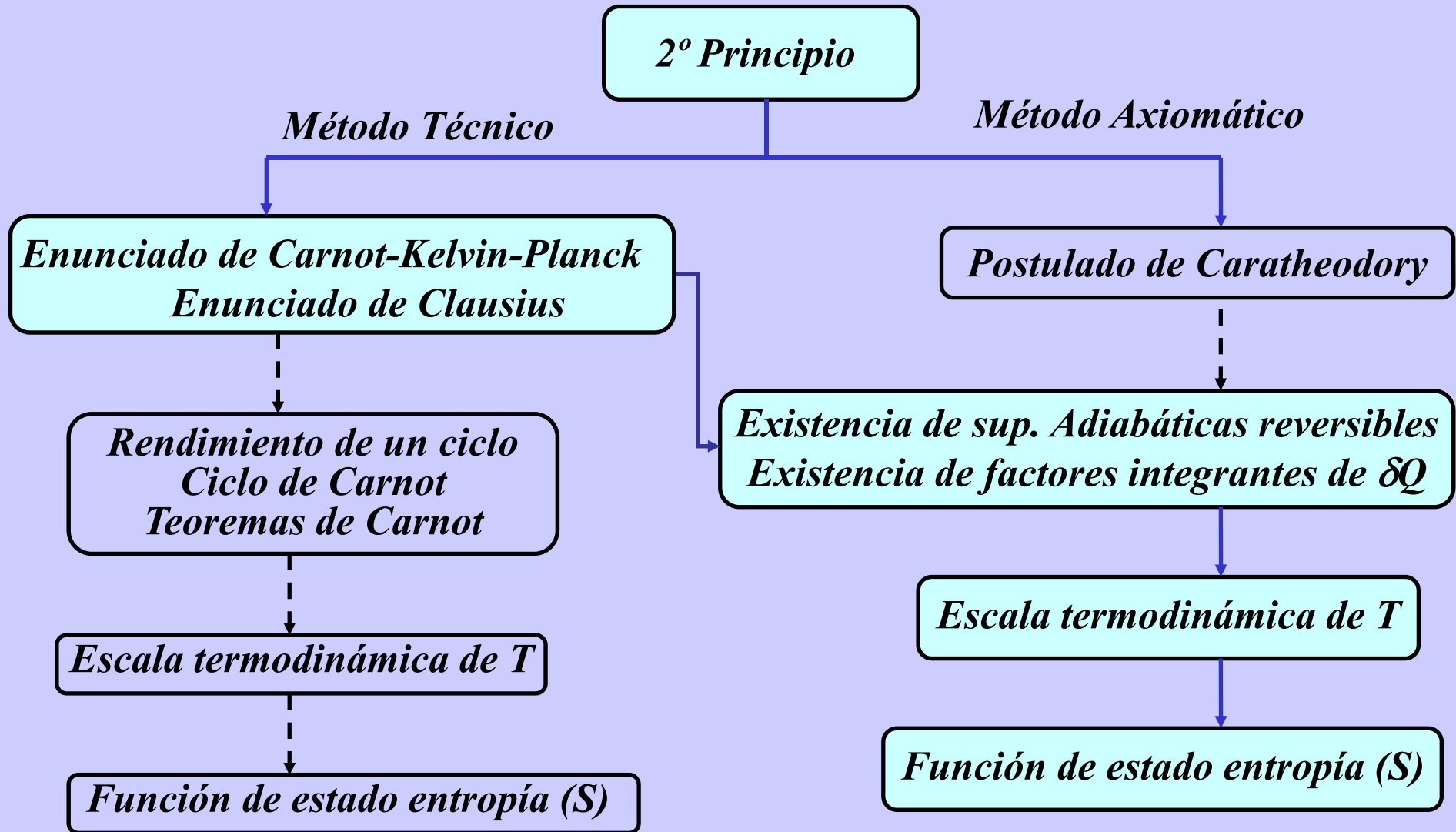
\* *C. Fernández Pineda, S. Velasco Maíllo (Termodinámica) (2009):*  
*Capítulo 5:(Segundo principio)*

\* *M.W. Zemansky y R.H. Dittman (Calor y Termodinámica):*  
*Capítulo 6:(Motores, frigoríficos y segundo principio de la Termodinámica)*  
*Capítulo 7: (Reversibilidad y escala Kelvin de Temperatura)*

\* *J. Aguilar Peris (Curso de Termodinámica):*  
*Capítulo 7: (Segundo principio de la Termodinámica)*



# 1. INTRODUCCIÓN





## **2. NECESIDAD DEL SEGUNDO PRINCIPIO**

*1er Principio no es suficiente para explicar el sentido de evolución de los sistemas  
→ Se precisa de otro nuevo principio*

*Conversión:*  $Q \leftrightarrow W$

*$\Rightarrow W \rightarrow Q$  (100 % rendimiento)*



*Determinación de las capacidades caloríficas de líquidos por el método de calentamiento*



*Determinación de capacidades caloríficas de líquidos por el método de Callendar*



$\Rightarrow Q \rightarrow W$  (Exige una compensación)

*Evolución abierta*

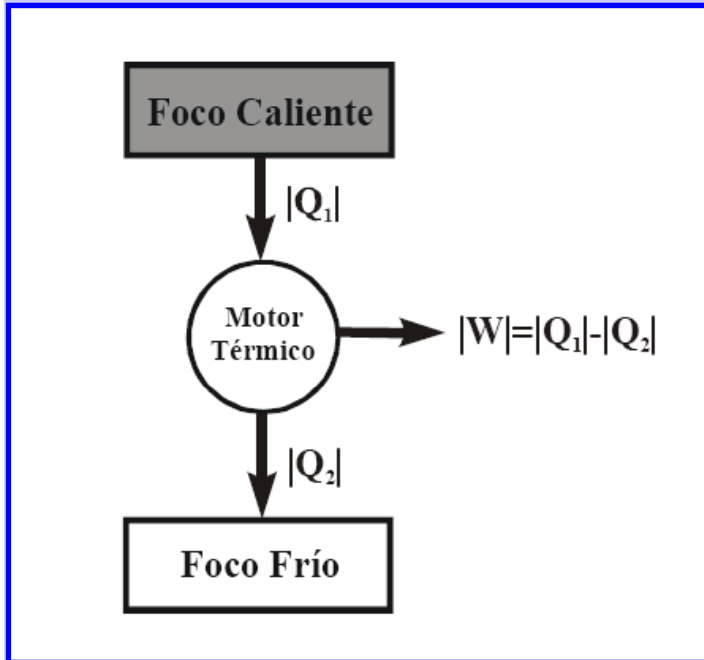
*Transformación cíclica*

*Fuente térmica*

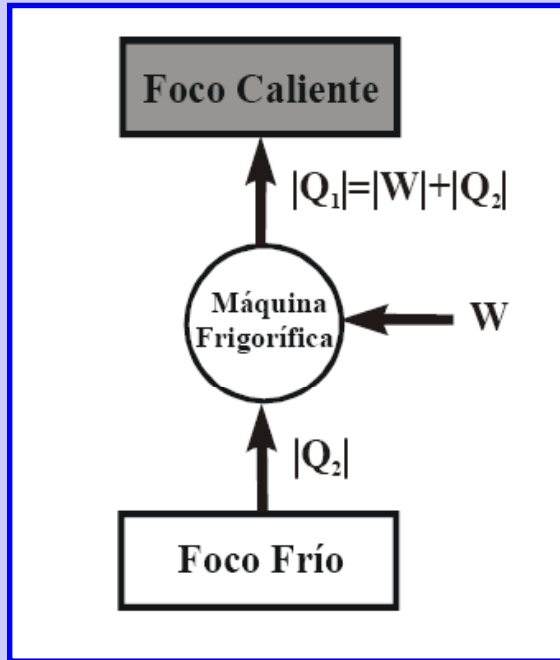
*Sistema activo*

*Sistema o sistemas que reciben la energía en forma de trabajo o de calor del sistema activo*

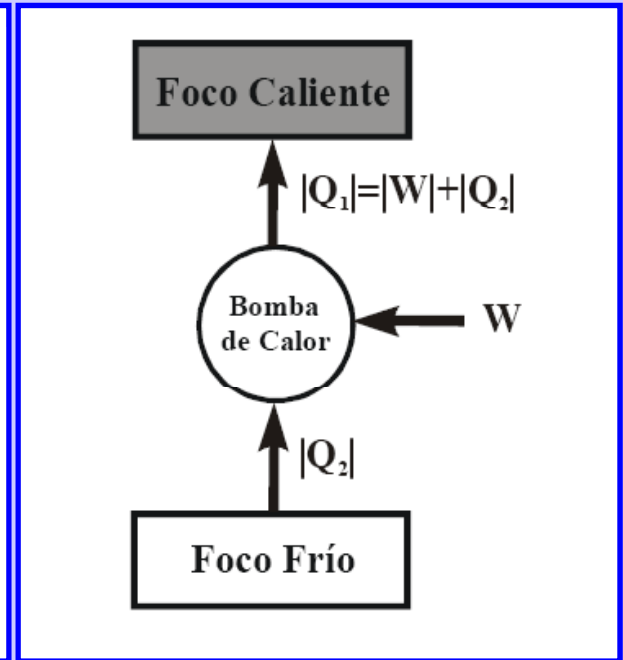
*El Segundo Principio se basa en la disimetría  $Q \leftrightarrow W$  (Máquinas térmicas)*



*Motor térmico*



*Máquina frigorífica*



*Bomba de calor*



### **3. ENUNCIADOS TRADICIONALES DEL SEGUNDO PRINCIPIO**

***\* Enunciado de CARNOT:  
(1824)***

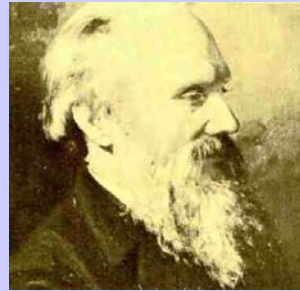
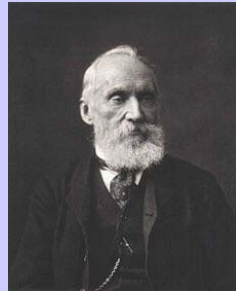


***Nicolás Léonard Sadi Carnot  
(1796-1832)***

***Para que una máquina cíclica produzca trabajo a expensas del calor que recibe de una fuente caliente, es necesario que energía en forma de calor pase de una fuente caliente a otra más fría***



**\* Enunciado de Kelvin-Planck: (1852)**



***Sir William Thomson, lord Kelvin  
(1824-1907)***



***Max Karl Ernst Planck  
(1858-1947)***

***Es imposible construir una máquina térmica que funcionando cíclicamente convierta en trabajo toda la energía que recibe en forma de calor de una fuente térmica ↔ Imposibilidad del móvil perpetuo de Segunda Especie***

**\* Enunciado de Clausius:**

***Es imposible construir una máquina cíclica cuyo único resultado sea pasar energía en forma de calor de una fuente fría a otra caliente***



***Rudolf Julius Emanuel Clausius  
(1822-1888)***

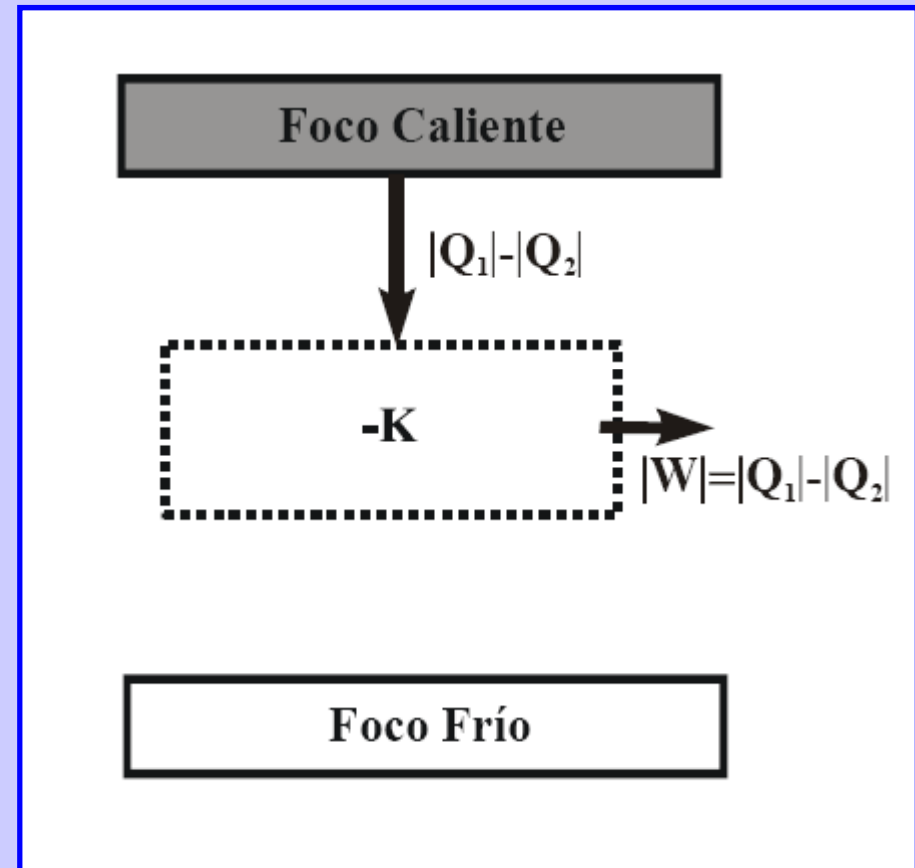
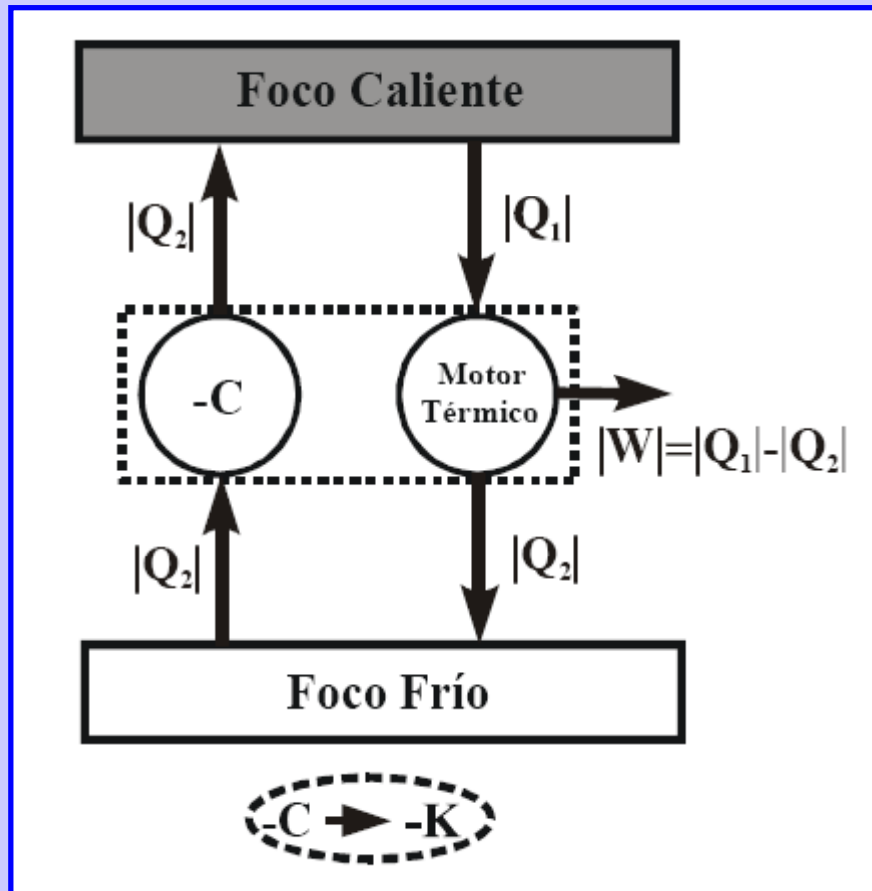




$K \leftrightarrow$  Veracidad del enunciado de Kelvin-Planck  
 $-K \leftrightarrow$  Falsedad de enunciado de Kelvin-Planck

$C \leftrightarrow$  Veracidad del enunciado de Clausius  
 $-C \leftrightarrow$  Falsedad de enunciado de Clausius

$-C \Rightarrow -K$

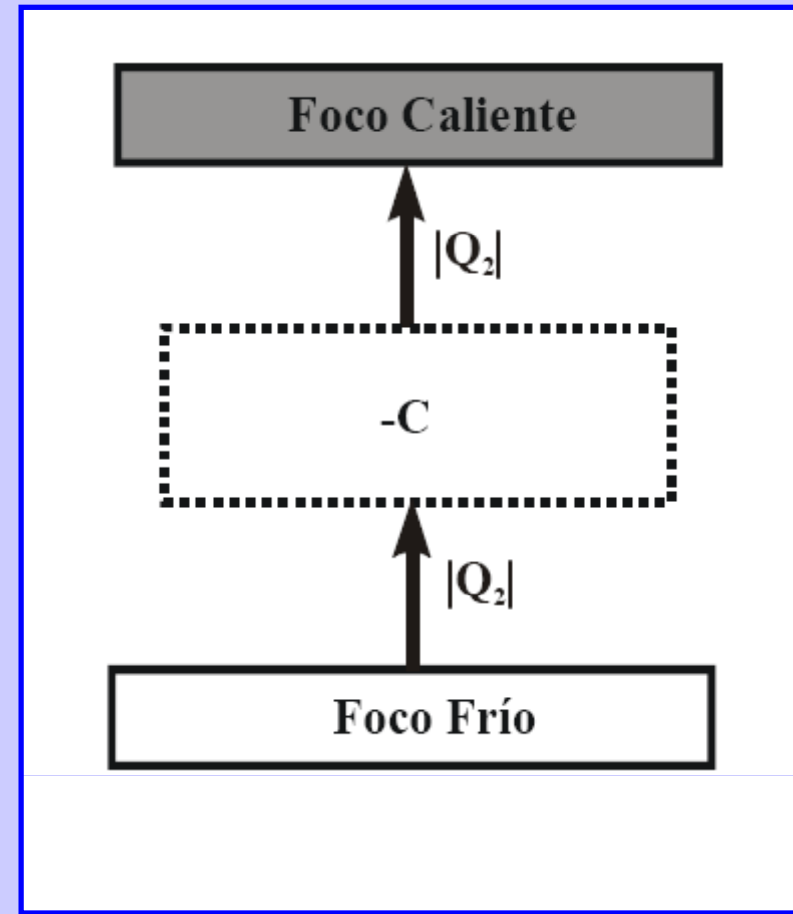
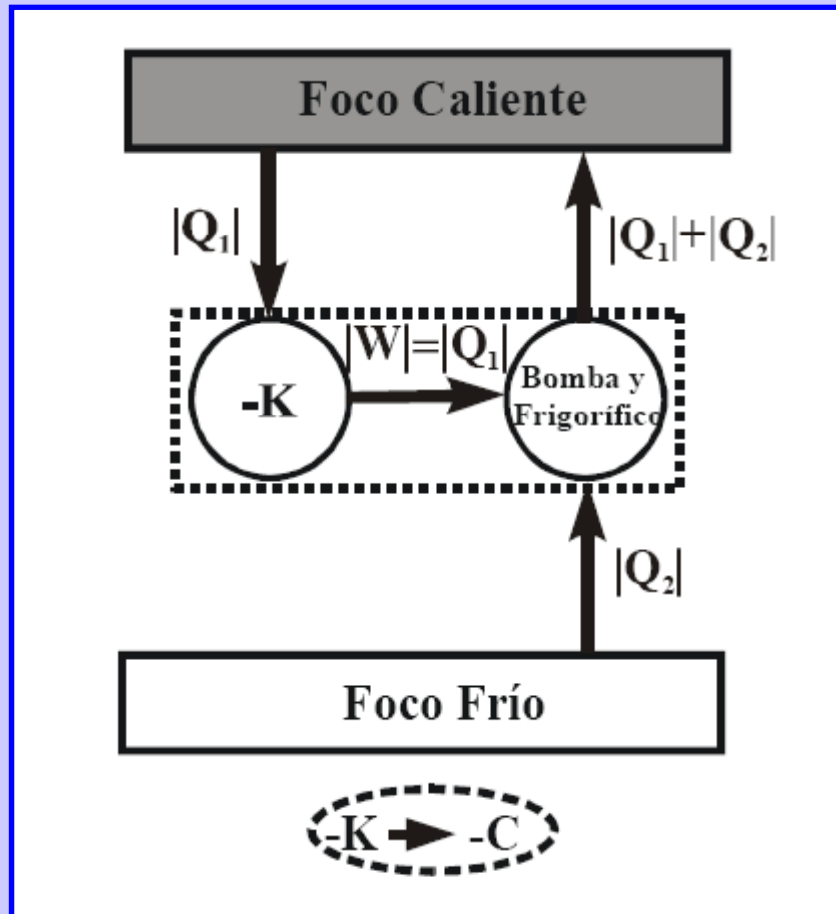




$K \leftrightarrow$  Veracidad del enunciado de Kelvin-Planck  
 $-K \leftrightarrow$  Falsedad de enunciado de Kelvin-Planck

$C \leftrightarrow$  Veracidad del enunciado de Clausius  
 $-C \leftrightarrow$  Falsedad de enunciado de Clausius

$-K \Rightarrow -C$



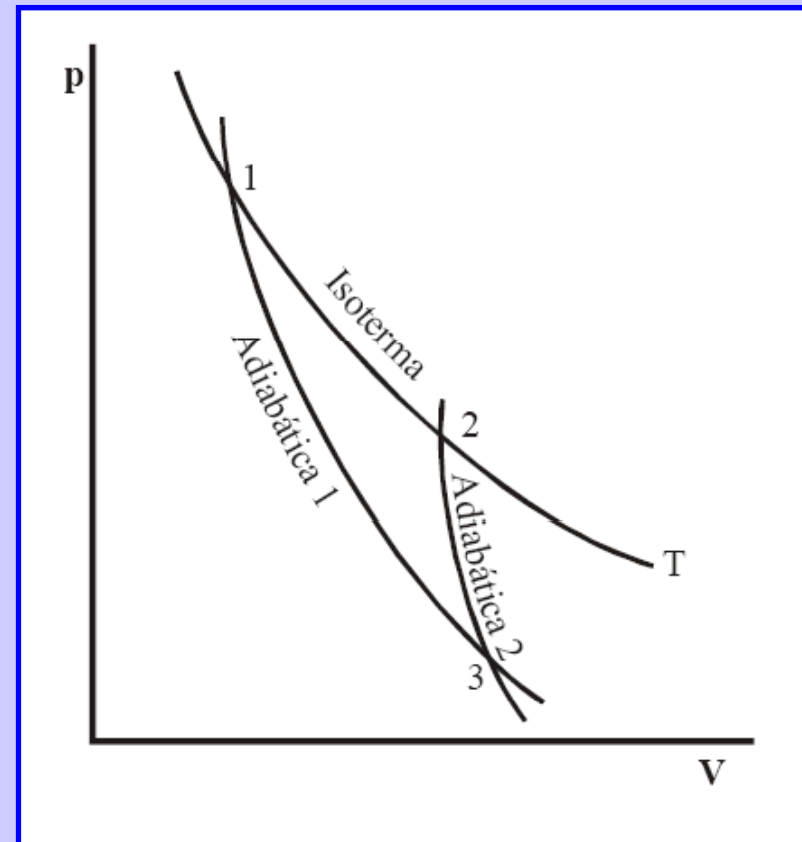
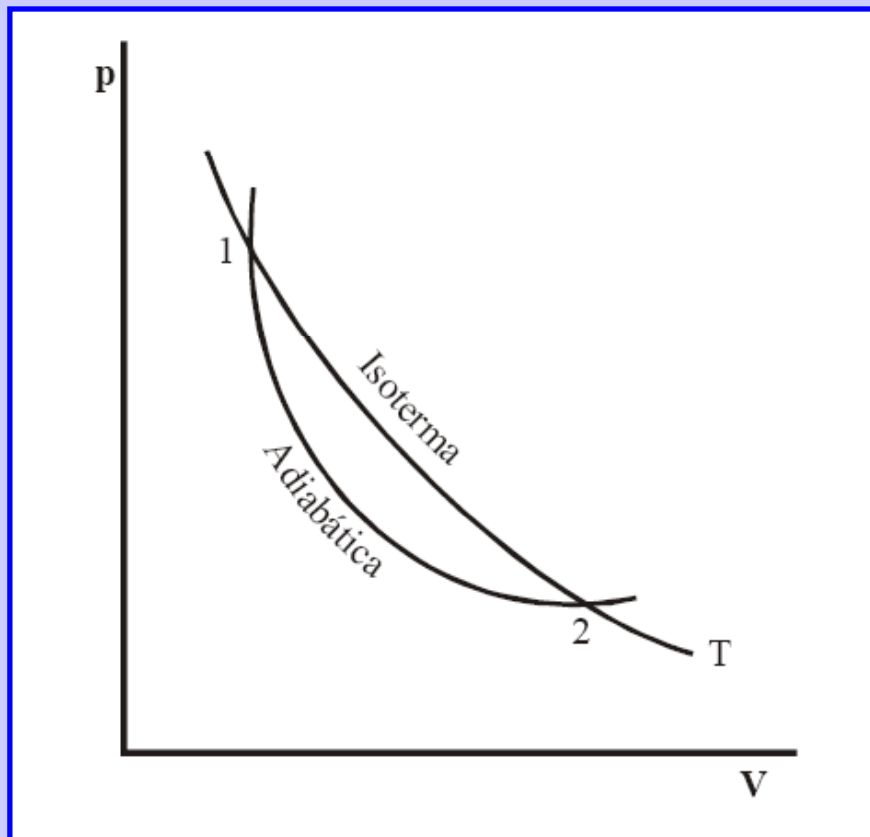


## Aplicaciones del 2º Principio:

### Teoremas de Poincaré

*Una isoterma y una adiabática cuasiestáticas no pueden tener dos o más estados comunes*

*Dos adiabáticas cuasiestáticas no pueden tener un estado común*



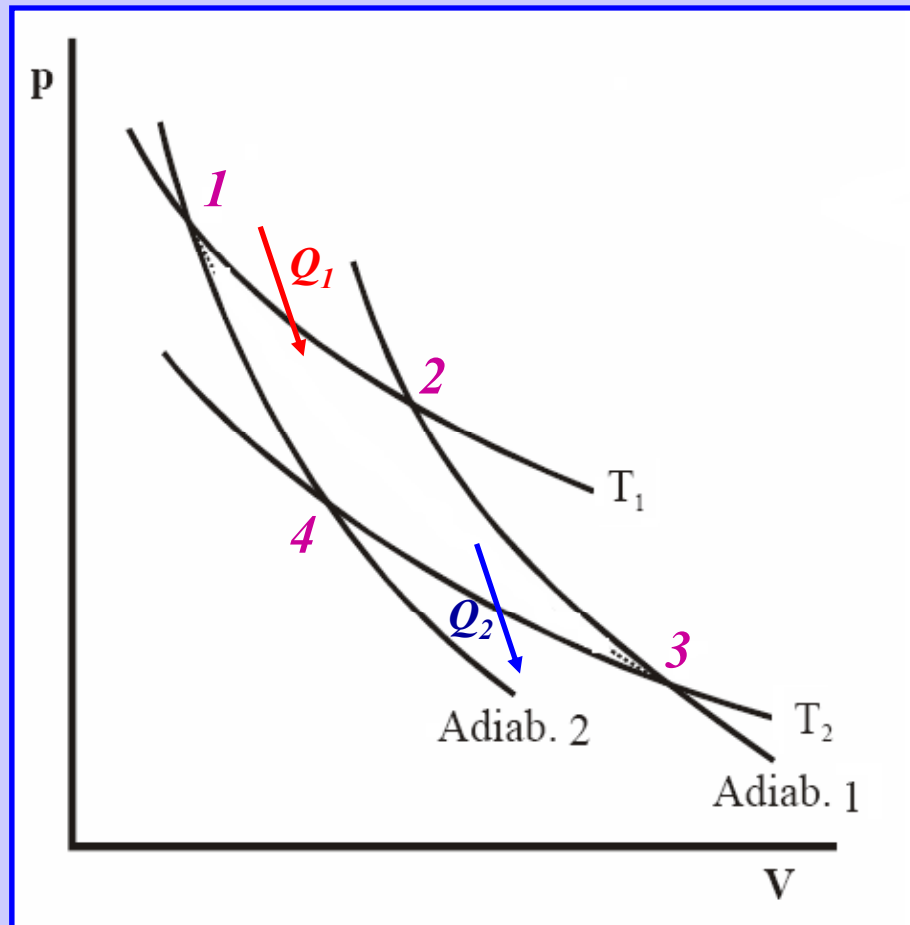


## Ciclo de Carnot

- *Dos focos a temperaturas  $T_1$  y  $T_2$*
- *Proceso totalmente reversible*
- *Intercambio de calor en cada foco  $\leftrightarrow$  Proceso isoterma*
- *El paso de un foco a otro  $\leftrightarrow$  Proceso adiabático*



*Nicolás Léonard Sadi Carnot  
(1796-1832)*



$\Leftarrow$  *Gas ideal*

*Rendimiento del ciclo*

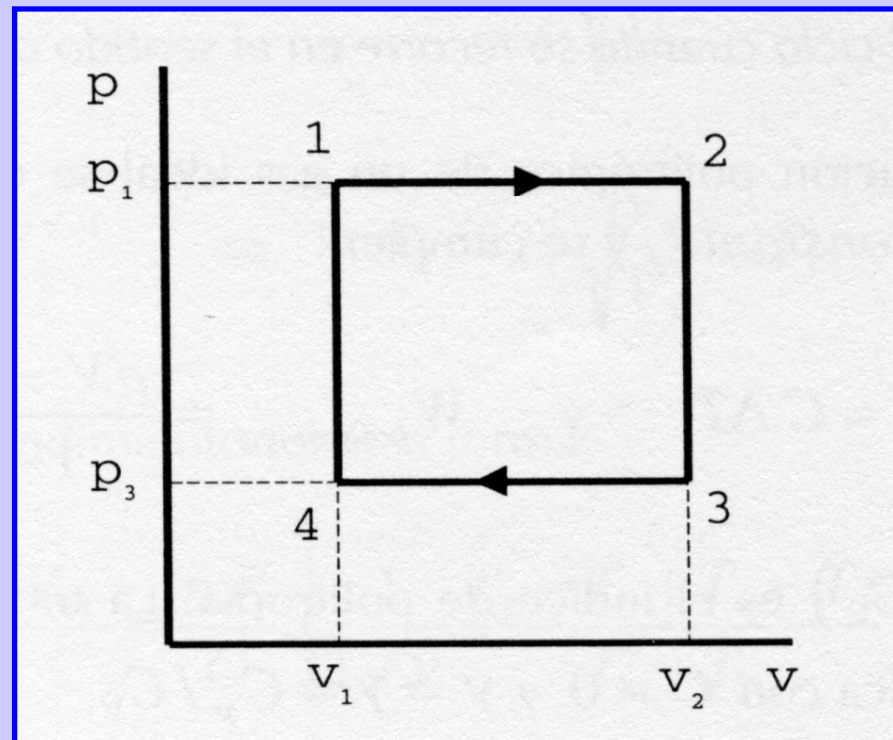
$$\eta = \frac{|W|}{|Q_1|} = \frac{|Q_1 + Q_2|}{|Q_1|}$$

$$\eta > 0$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$



*\* Un gas ideal realiza un ciclo compuesto por dos procesos isóbaros ( $P_3 < P_1$ ) y dos transformaciones isócoras ( $V_1 < V_2$ ) alternados y recorridos en el sentido de las agujas del reloj. Determinar el rendimiento del ciclo.*



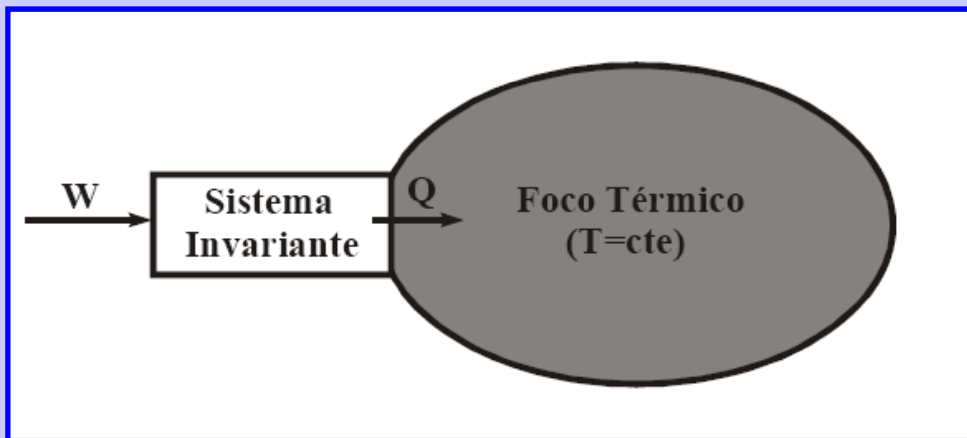


## 4. PROCESOS REVERSIBLES E IRREVERSIBLES

→ *Clasificación de los procesos naturales:*

- a) *Irreversibilidad mecánica externa*
- b) *Irreversibilidad mecánica interna*
- c) *Irreversibilidad térmica externa e interna*
- d) *Irreversibilidad química*

*a) Irreversibilidad mecánica externa*



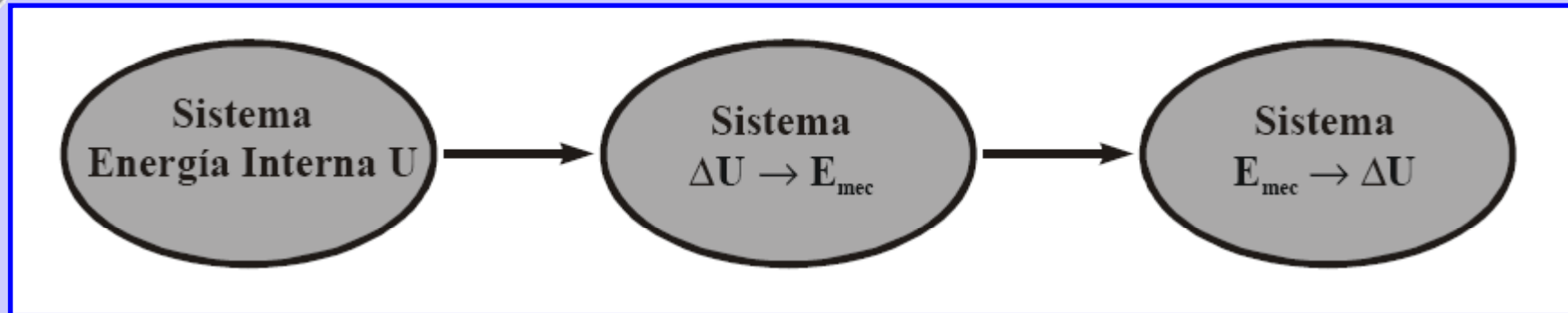
*Disipación isotérmica de trabajo*



*Disipación adiabática de trabajo*



## ***b) Irreversibilidad mecánica interna***



***Transformación de energía interna de un sistema en energía mecánica que posteriormente se disipa en energía interna***

### ***\* Ejemplo:***

- ***Expansión contra el vacío de un gas perfecto (Experimento de Joule)***

## ***c) Irreversibilidad térmica externa e interna***

***Transferencia de calor por conducción, convección y radiación***

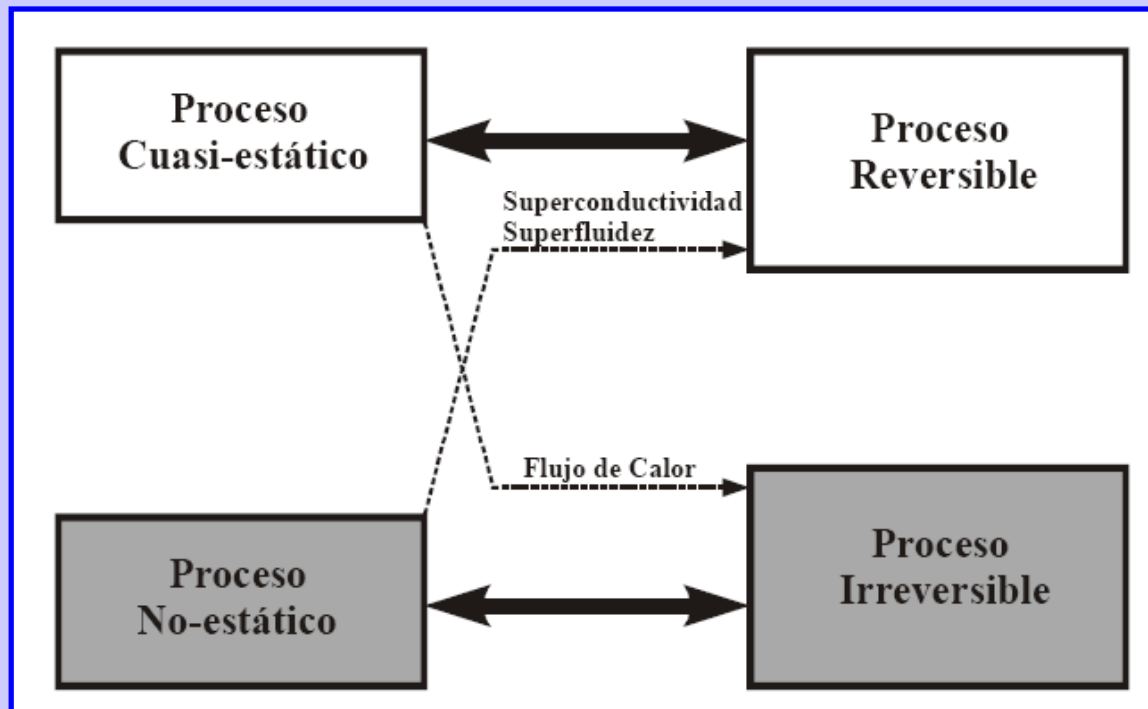
## ***d) Irreversibilidad química***

***Interacción material  $\rightarrow$  Cambios espontáneos de estructura interna, composición química, densidad, forma cristalina, etc.***



**\* Ejemplos:**

- *Formación de nuevos constituyentes químicos* → *Todas las reacciones químicas*
- *Mezcla de sustancias distintas* → *difusión de dos o más gases ideales inertes distintos*  
*Mezcla de alcohol y agua*
- *Cambios de fase* → *Solidificación de un líquido sobreenfriado*  
*Condensación de un vapor sobresaturado*
- *Transporte de materia entre fases en contacto* → *disolución de un sólido en agua*  
*Ósmosis*







**\* Obténgase la relación (de Mayer) que existe entre los calores específicos a presión y volumen constante de un mol de gas ideal mediante la realización del siguiente ciclo:**

***1 → 2 Expansión libre y adiabática hasta alcanzar un volumen dado***

***2 → 3 Compresión reversible e isóbara hasta recuperar el volumen inicial***

***3 → 1 Proceso reversible e isócoro***

