



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



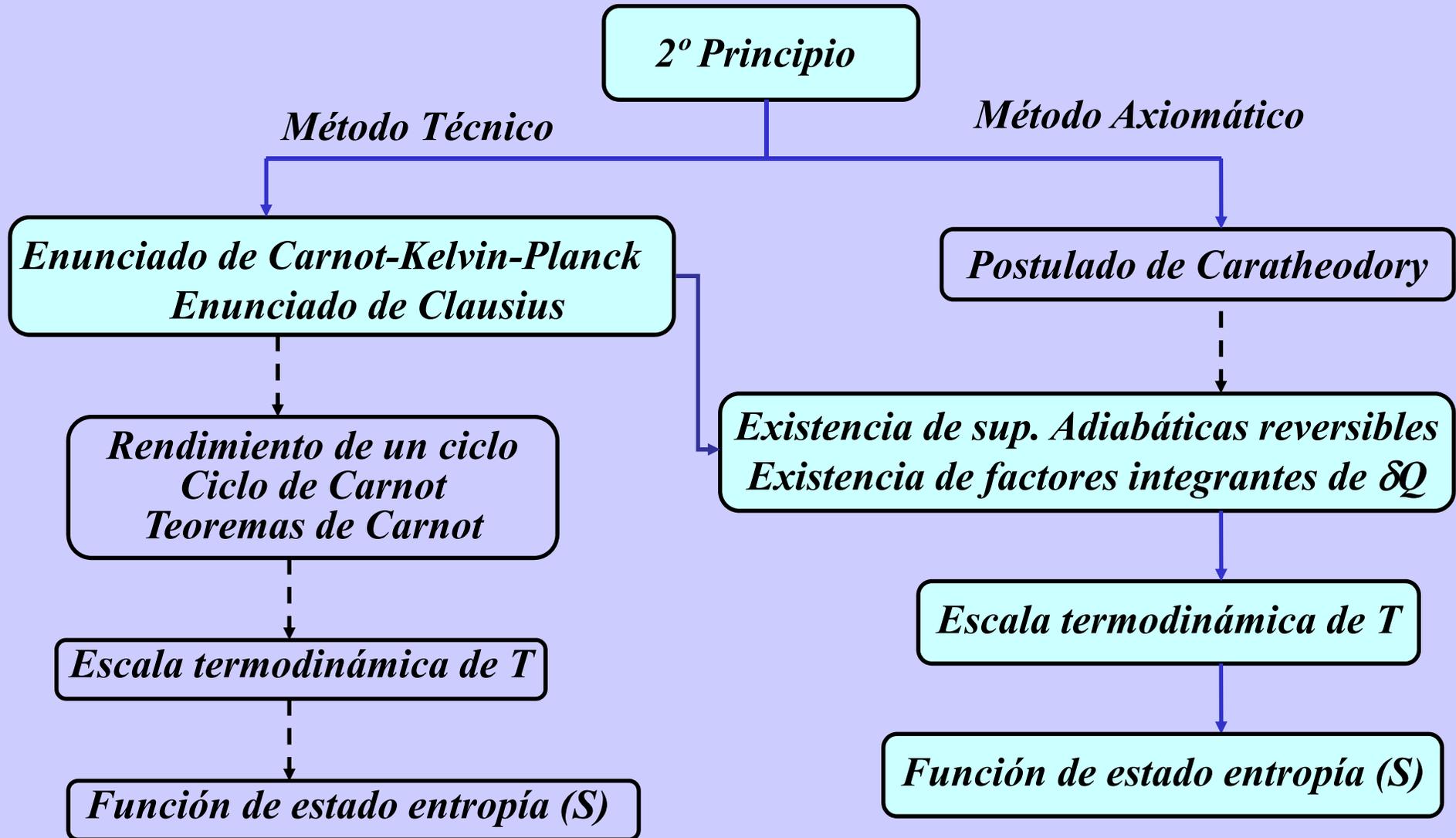
* *C. Fernández Pineda, S. Velasco Maíllo (Termodinámica) (2009):*
Capítulo 5:(Segundo principio)

* *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

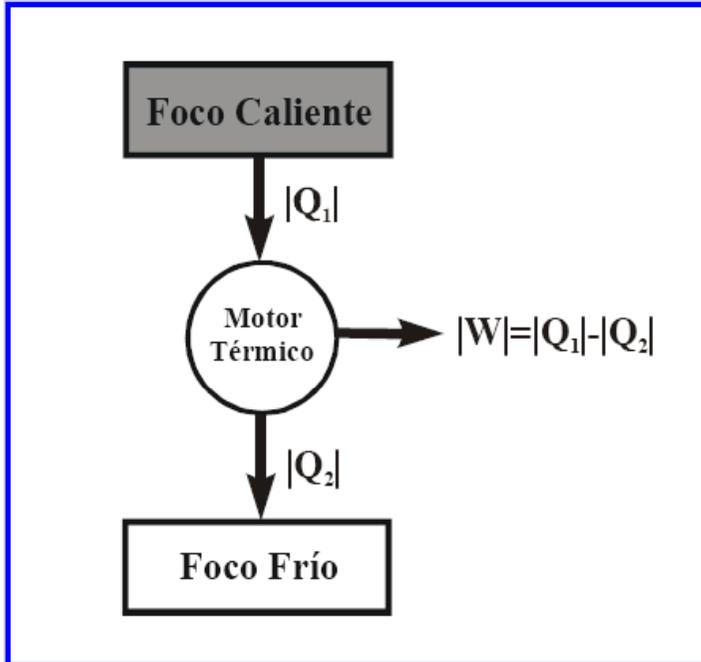
Transformación cíclica

Fuente térmica

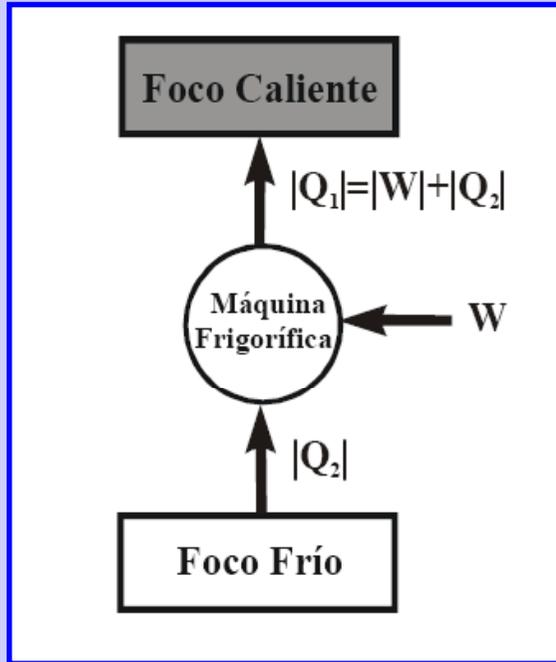
Sistema activo

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

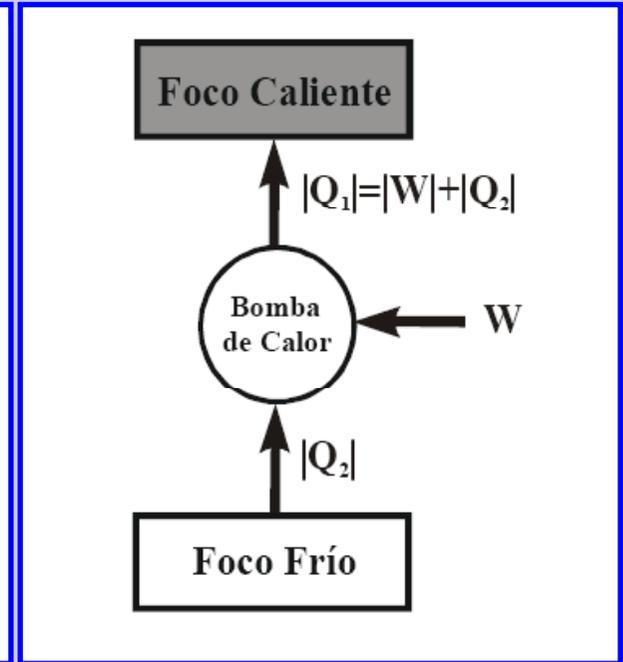
El Segundo Principio se basa en la disimetría $Q \leftrightarrow W$ (Máquinas térmicas)



Motor térmico



Máquina frigorífica



Bomba de calor



3. ENUNCIADOS TRADICIONALES DEL SEGUNDO PRINCIPIO

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

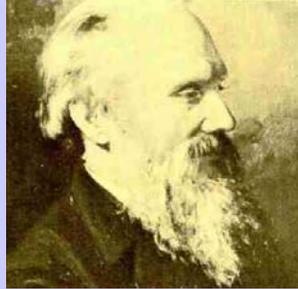
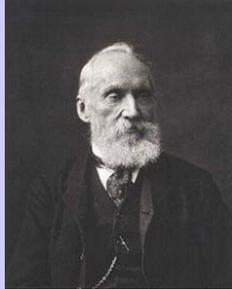


***Nicolás Léonard Sadi Carnot
(1796-1832)***

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



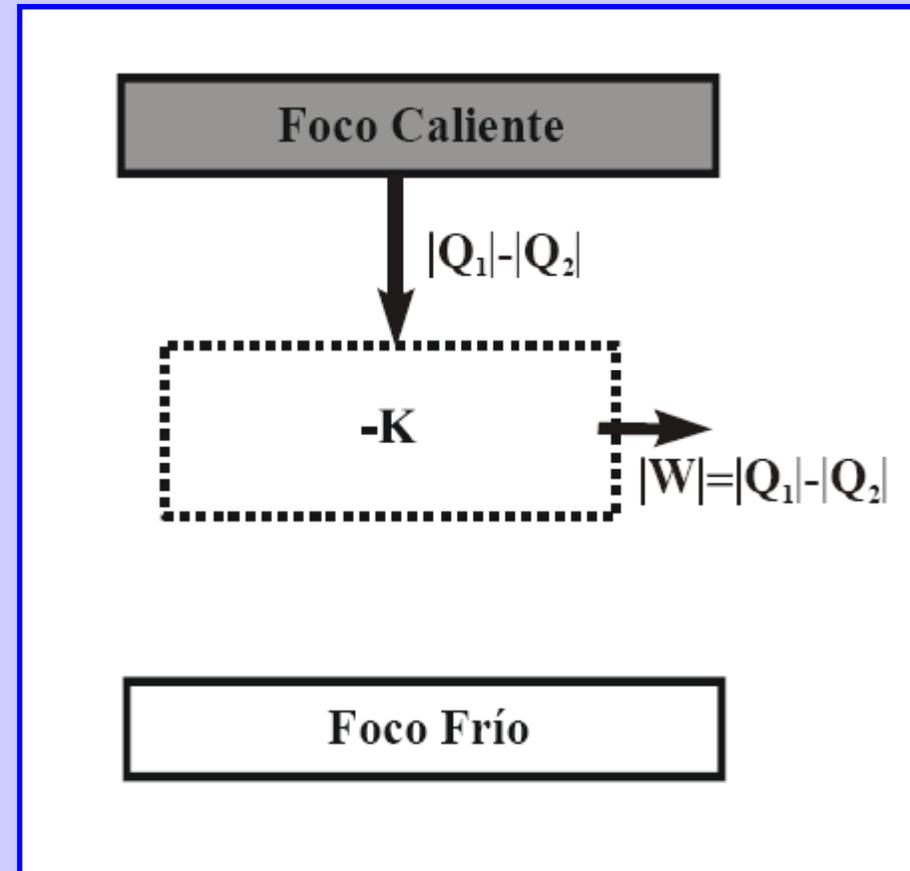
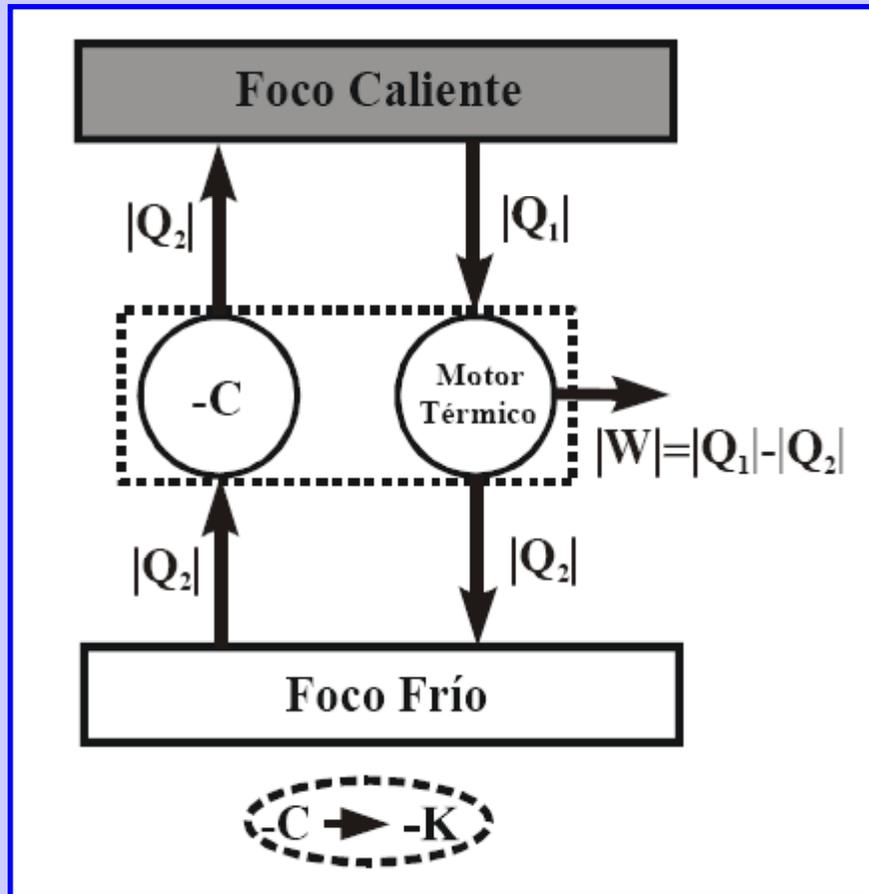
***Rudolf Julius Emanuel Clausius
(1822-1888)***



$K \leftrightarrow$ 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

$-C \Rightarrow -K$

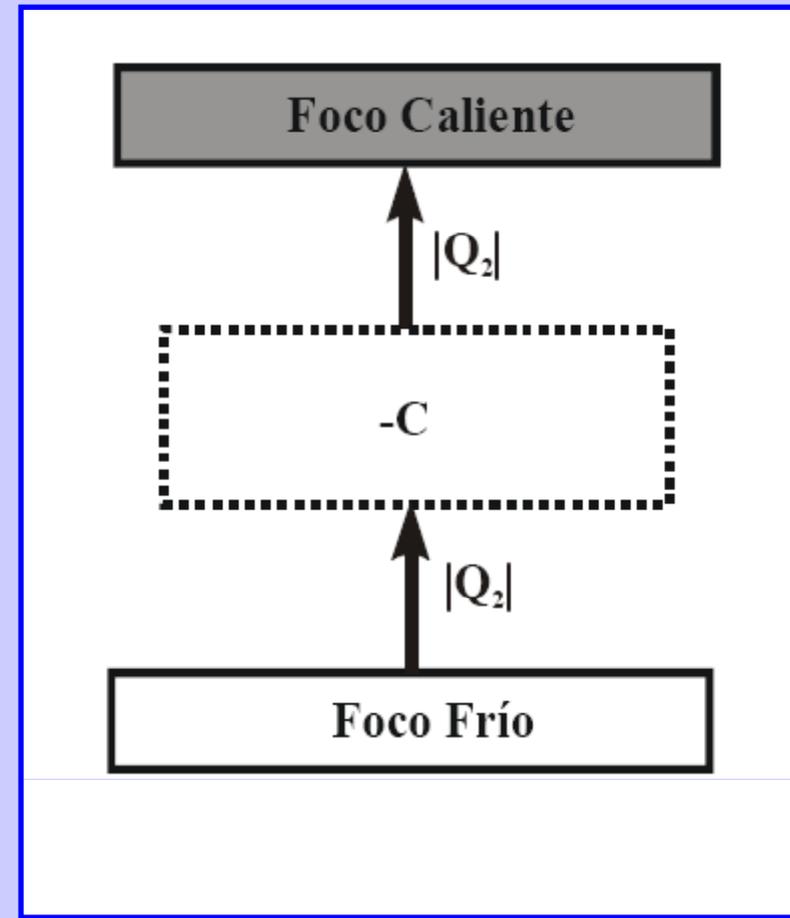
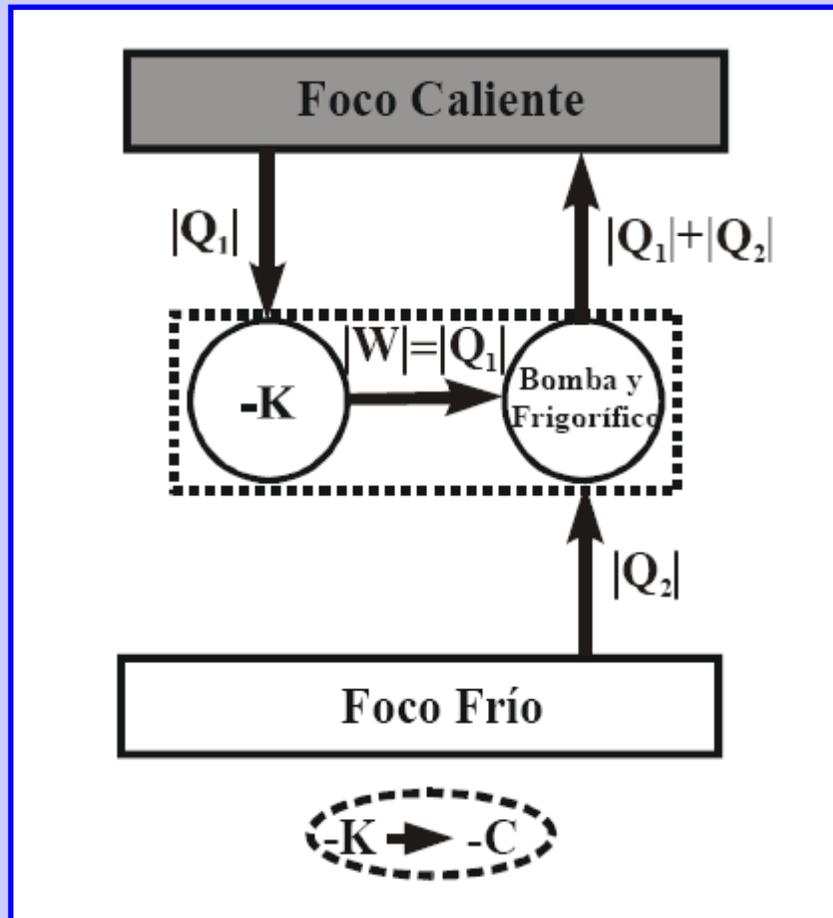




$K \leftrightarrow$ Veracidad del enunciado de Kelvin-Planck
 $-K \leftrightarrow$ Falsedad de enunciado de Kelvin-Planck

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

$-K \Rightarrow -C$



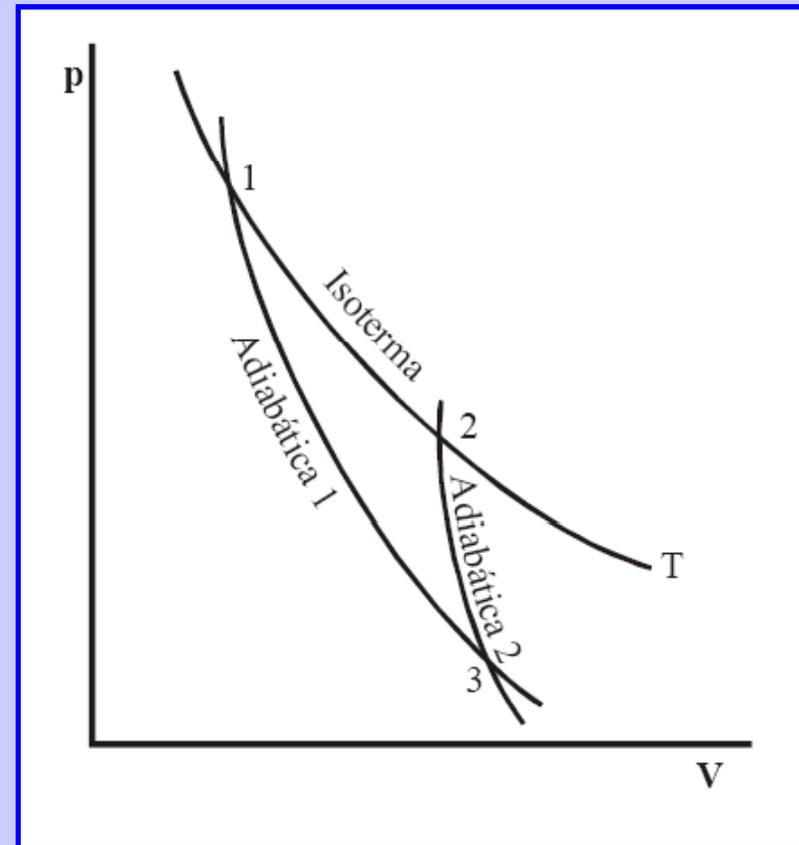
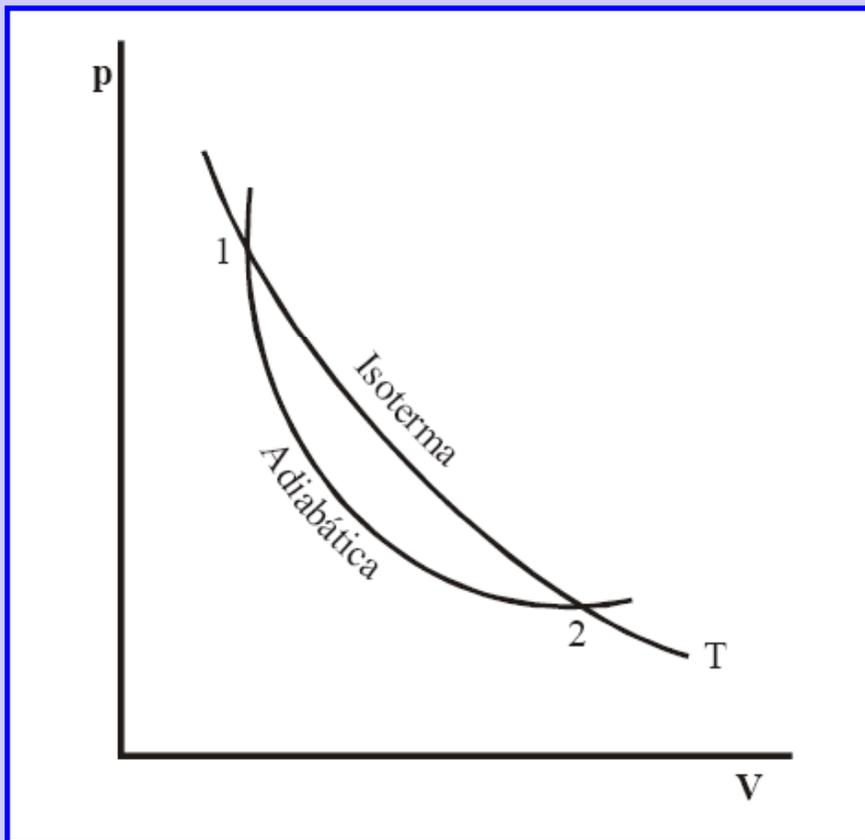


Aplicaciones del 2º Principio:

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)*

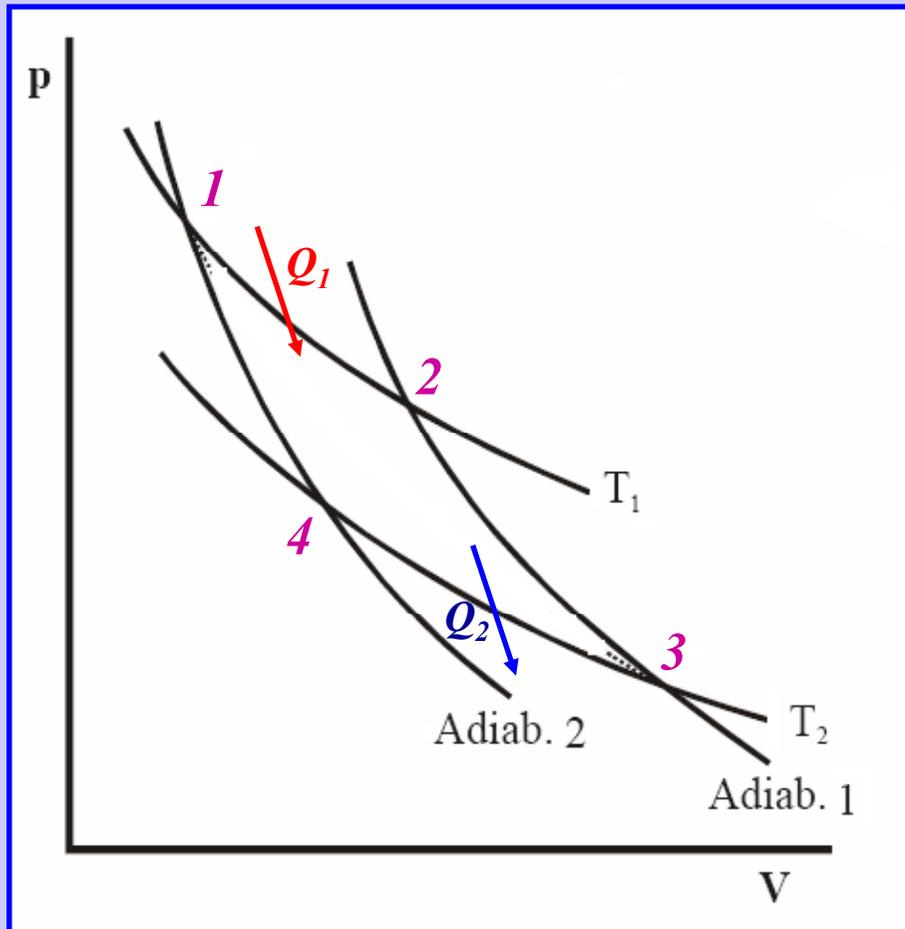
\Leftarrow *Gas ideal*

Rendimiento del ciclo

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

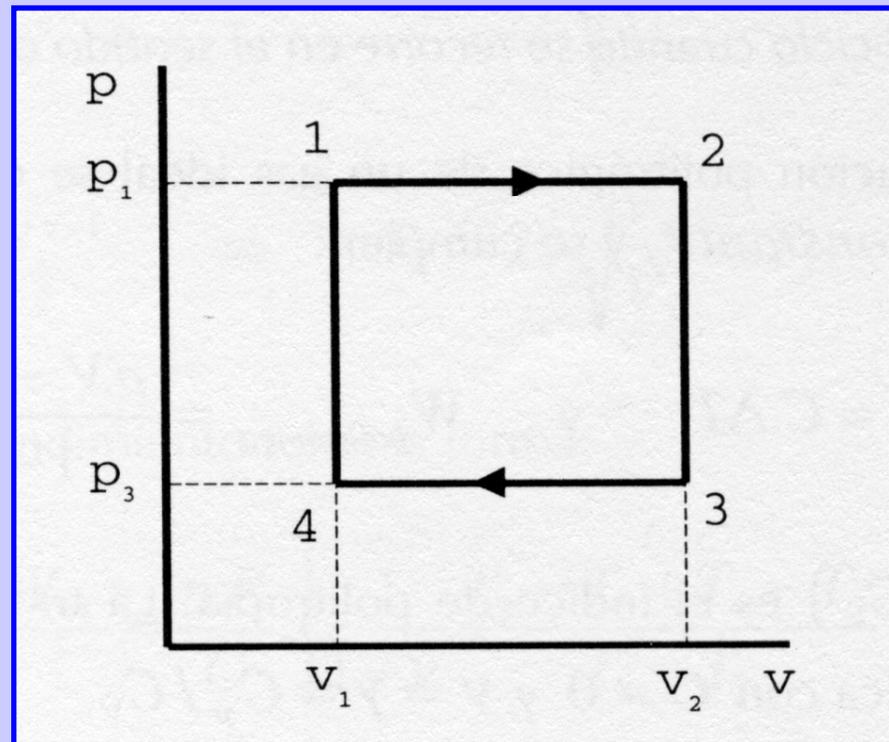
$$\eta > 0$$

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





** 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.*



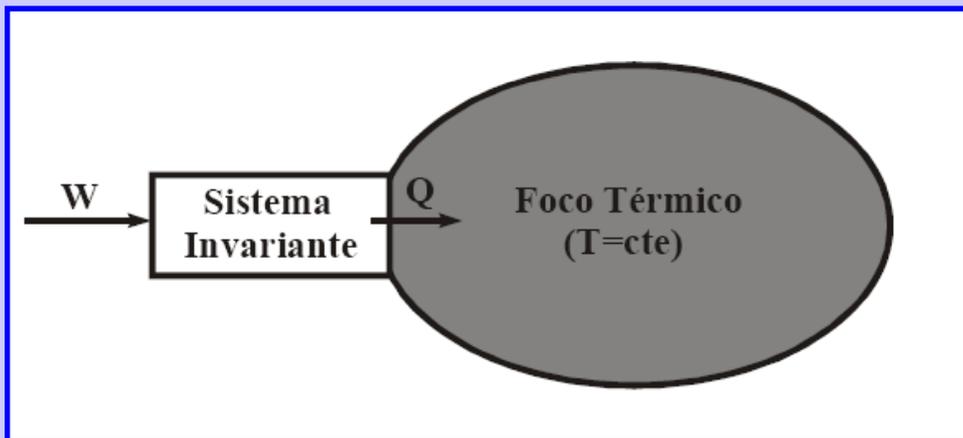


4. PROCESOS REVERSIBLES E IRREVERSIBLES

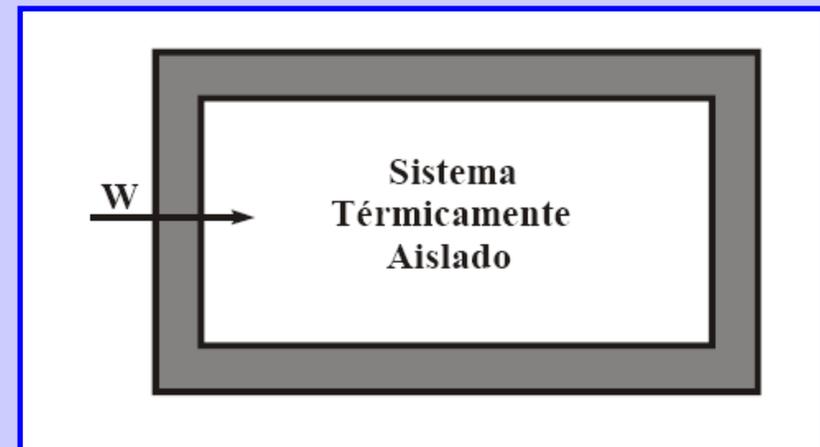
→ *Clasificación de los procesos naturales:*

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

a) Irreversibilidad mecánica externa



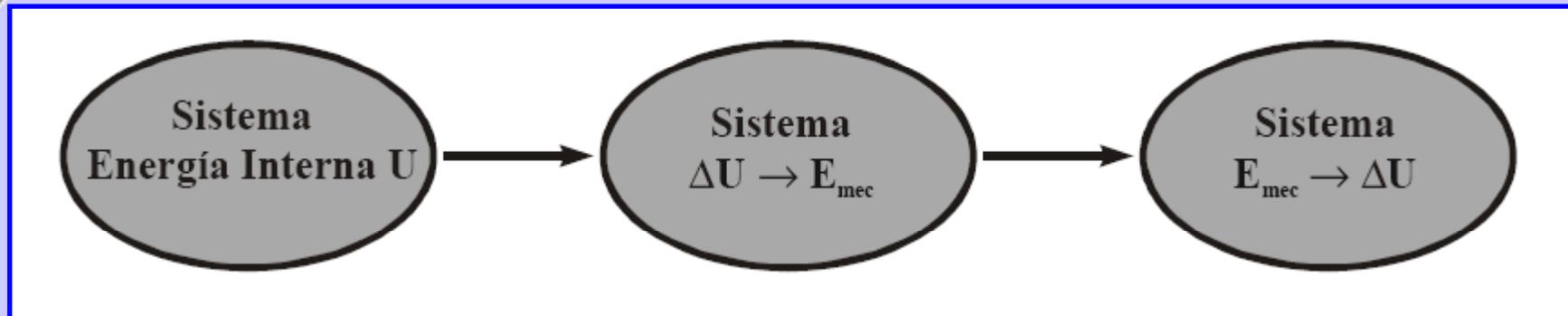
Disipación isotérmica de trabajo



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

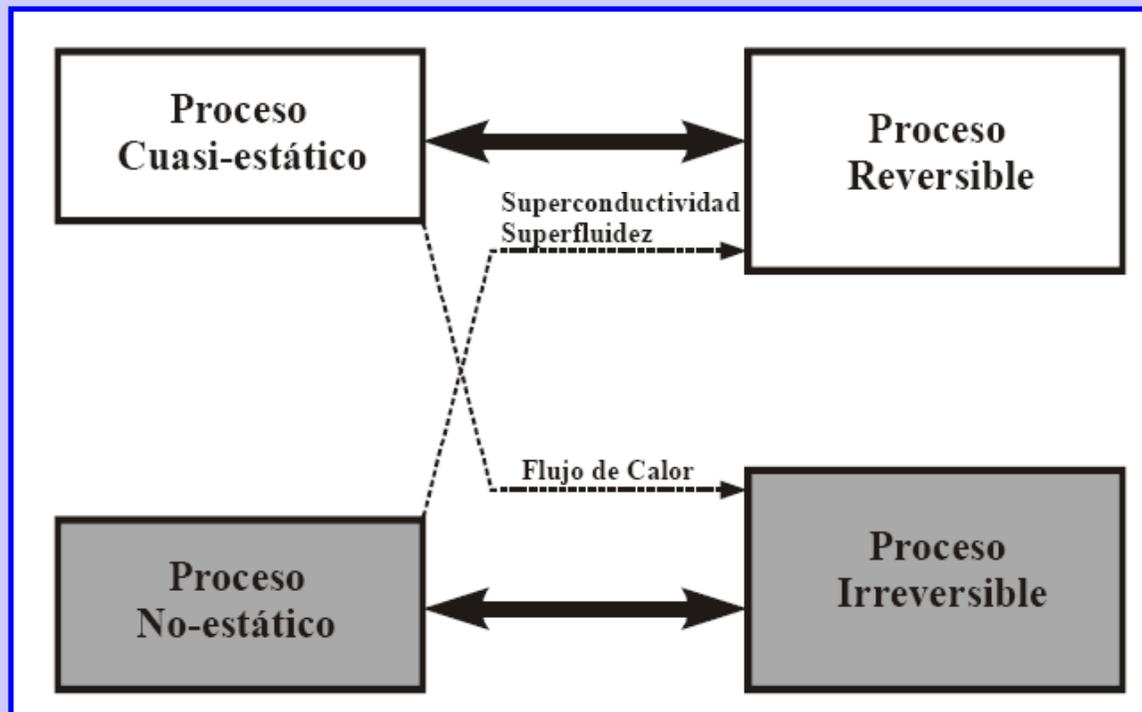
d) Irreversibilidad química

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

