

# Universidad Nacional de Río Negro

## Física III B – 2021

- **Unidad** 02
- **Clase** U02 C04 - 10/30
- **Fecha** 20 Abr 2021
- **Cont** Carnot y Máquinas Térmicas (I)
- **Cátedra** Asorey - Calderón
- **Web** <https://gitlab.com/asoreyh/unrn-f3b>



# Unidad 2: Primer Principio

Unidad 1

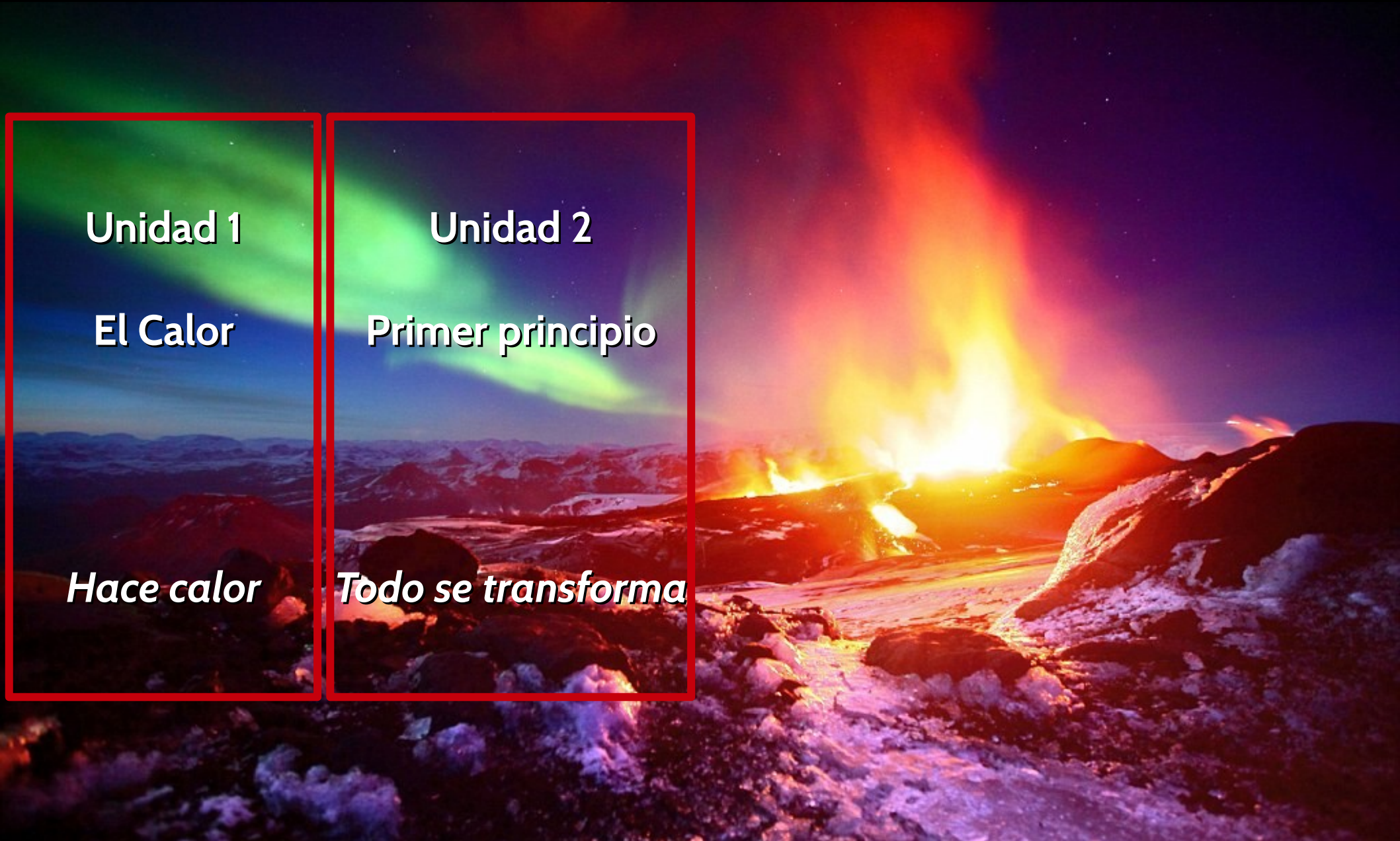
El Calor

*Hace calor*

Unidad 2

Primer principio

*Todo se transforma*





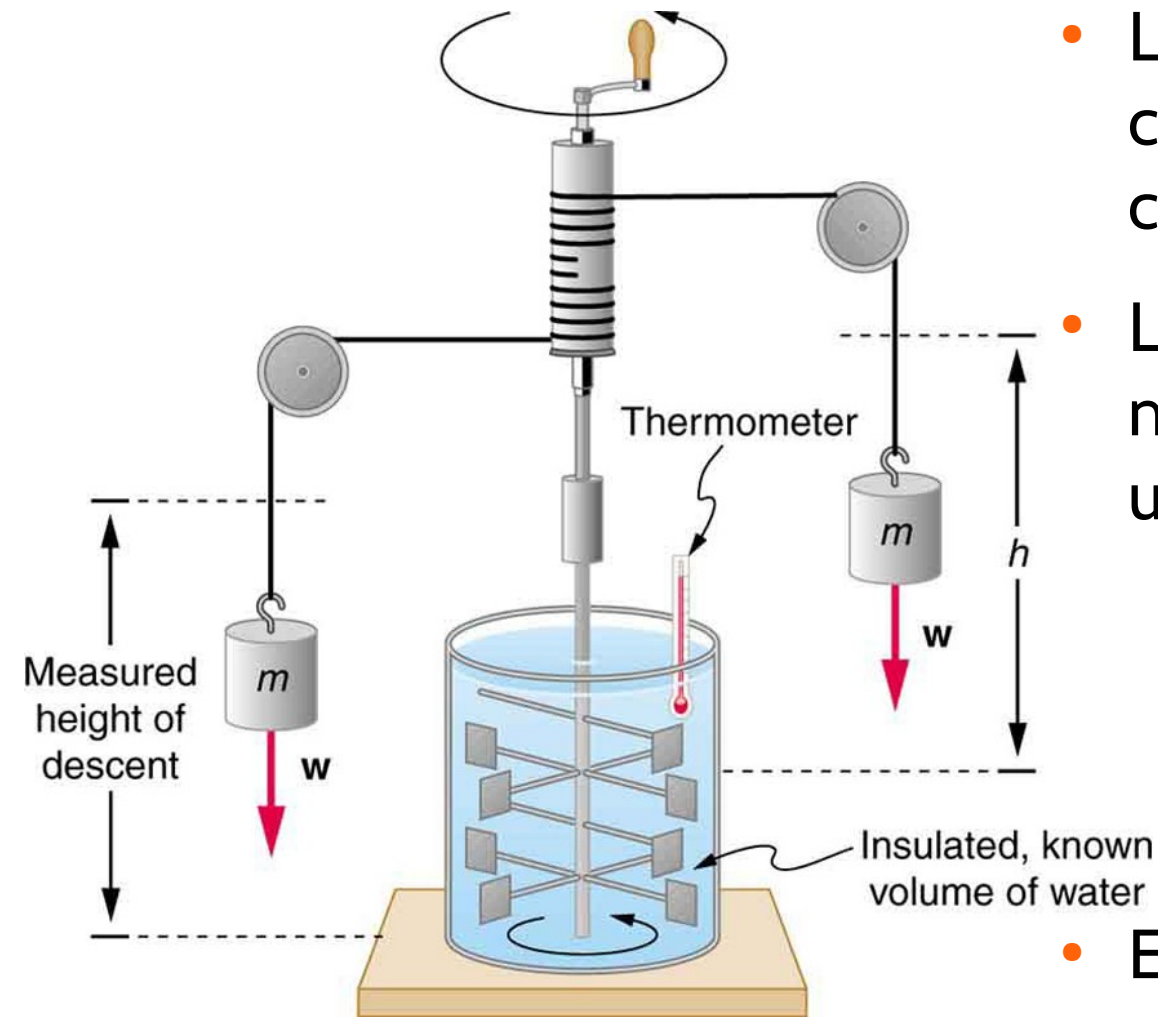
# Módulo 1 - Unidad 2: Primer Principio

- **Calor y trabajo. Equivalente mecánico del calor. Experimento de Joule. Sistemas. Fuentes de calor. Potenciales termodinámicos. Primer principio. Flujo de calor. Carnot. Muerte térmica. Máquinas térmicas.**





# Experimento de Joule



- Las dos pesas de masa  $m$  conocida, caen una distancia  $h$  conocida
- La fricción de las palas en la masa  $M$  de agua aislada genera un incremento de  $T$

$$2(mgh) = cM\Delta T$$

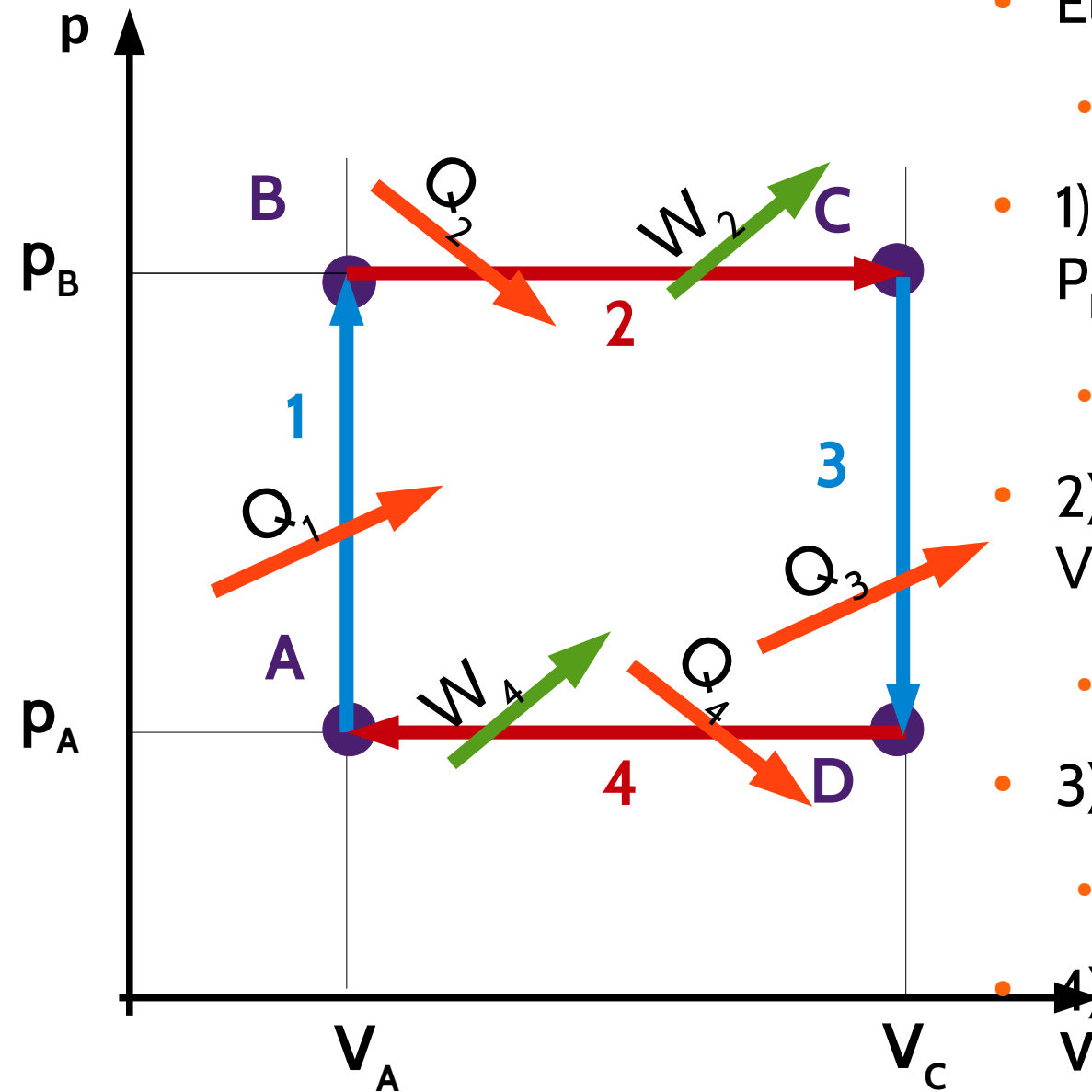
$$c = \frac{2(mgh)}{M\Delta T}$$

- Equivalente mecánico del calor:

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

# Otro ciclo, el cuadrado letal

$n = \text{cte}$



- El gas se encuentra en estado A
  - $P_A, n_A, V_A \rightarrow T_A$
- 1) Transformación isócora hasta B,  $P_B = 3P_A$ 
  - $P_B = 3P_A, n_A, V_B = V_A \rightarrow T_B$
- 2) Transformación isóbara hasta C,  $V_C = 3V_A$ 
  - $P_C = P_B, n_A, V_C = 3V_B \rightarrow T_C$
- 3) Transformación isócora hasta D
  - $V_D = V_C, n_A, P_D = P_A \rightarrow T_D$
- 4) Transformación isóbara hasta A

- **Calor**

- $Q > 0 \leftarrow$  Calor entra al sistema desde una fuente
- $Q < 0 \leftarrow$  Calor sale del sistema  $\rightarrow$  No es aprovechable

- **Trabajo**

- $W > 0 \leftarrow$  Trabajo producido por el sistema  $\rightarrow$  Útil
- $W < 0 \leftarrow$  Trabajo realizado sobre el sistema  $\rightarrow$  Costo
- ¿Qué obtuve luego de un ciclo?  $\rightarrow$  Trabajo Neto
- ¿Que tuve que poner para lograr el ciclo?  $\rightarrow$  Calor  $Q > 0$

- Definimos al rendimiento como

$$\eta = \frac{\text{Lo que obtuve} \rightarrow \text{Trabajo mecánico neto}}{\text{Lo que me costó} \rightarrow \text{Calor entrante}}$$

- En términos del ciclo,

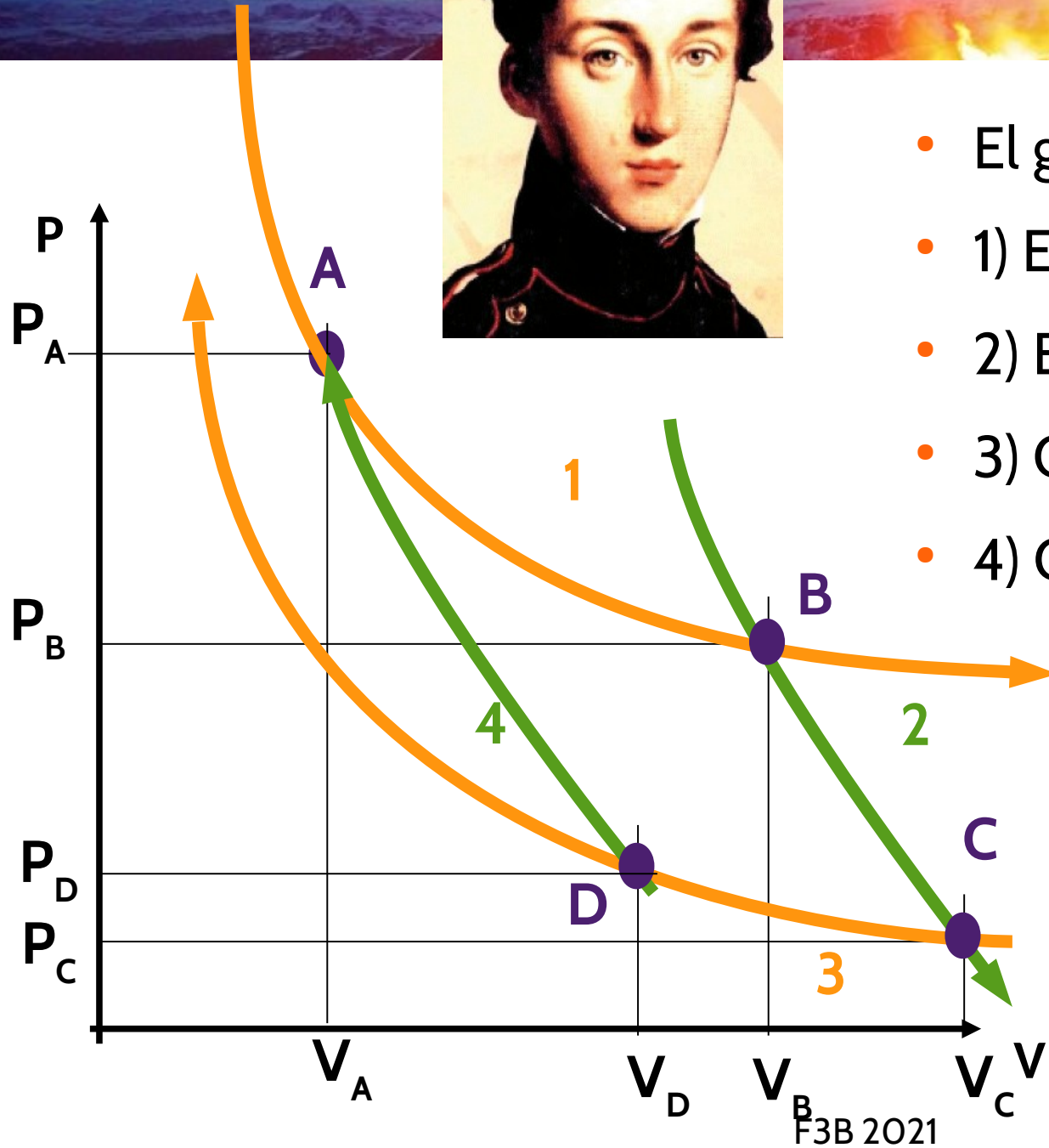
$$\eta = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{>0}}$$

# Reversibilidad termodinámica (volveremos)

- **Proceso Reversible** es aquel en el que el sentido puede invertirse mediante un cambio infinitesimal de las condiciones de entorno
  - Idealización
  - Punto a punto → desplazamiento infinitesimal del equilibrio
  - Procesos conservativos
  - Al invertirse el proceso, el sistema regresa al estado inicial
  - Coloquial: procesos muuyyyy lentos
- **Un ciclo reversible** es aquel ciclo en el que todas las transformaciones son reversibles



## Otro ciclo → Carnot



- El gas se encuentra en A
- 1) Expansión Isotérmica  $A \rightarrow B$
- 2) Expansión Adiabática  $B \rightarrow C$
- 3) Compresión Isotérmica  $C \rightarrow D$
- 4) Compresión Adiabática  $D \rightarrow A$

**Ciclo completo reversible**  
(fuera de escala)

# Eficiencia de la máquina de Carnot

- Lo que obtuve / Lo que puse
  - Obtuve: Trabajo neto (Suma de los W)
  - Puse: Calor entrante (Sólo cuento los calores positivos  $Q > 0$ )
- Entonces, para el ciclo de Carnot

$$\eta = \frac{\sum_i W_i}{\sum_j (Q_j > 0)} \rightarrow \eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_C}{T_A} < 1$$

- $T_C$ : baño térmico de la transformación 3;  $T_A$ : térmico de la transformación 1  $\rightarrow T_C < T_A$ .
- $T_C \rightarrow$  Baño frío;  $T_A \rightarrow$  baño caliente

# Maldita termodinámica, 1ra parte

- Vemos que a pesar de ser un gas ideal y todas las transformaciones son reversibles,

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_C}{T_A} < 1$$

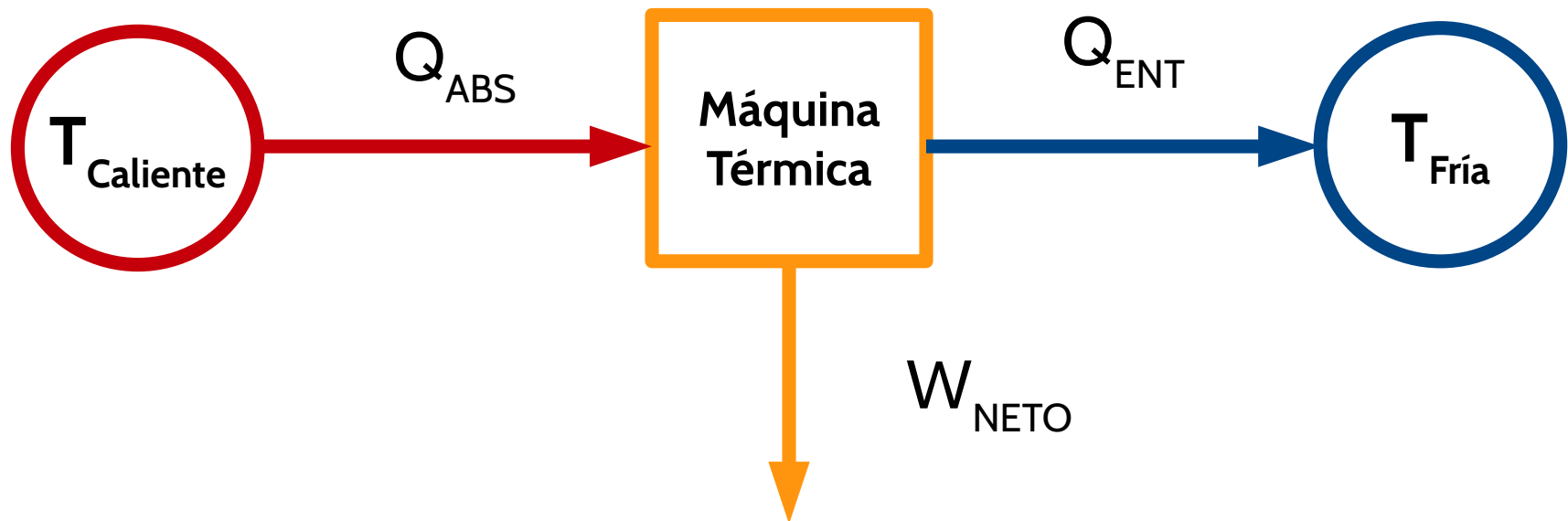
- El rendimiento de una máquina de Carnot siempre es menor que 1:
- 1<sup>er</sup> Teorema de Carnot (demostración en la próx. unidad)

**No existe una máquina térmica que funcionando entre dos fuentes térmicas dadas tenga un rendimiento mayor que una máquina reversible (de Carnot).**

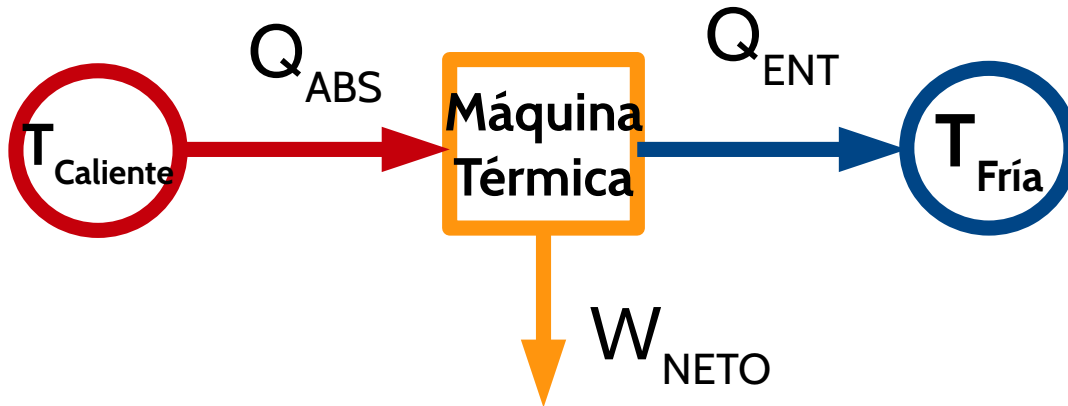


# Máquinas térmicas

- **Máquina térmica:** dispositivo cíclico que absorbe calor de una fuente caliente, realiza un trabajo mecánico y entrega la energía remanente en forma de calor a una fuente fría
- Este calor no es aprovechable por la misma máquina térmica

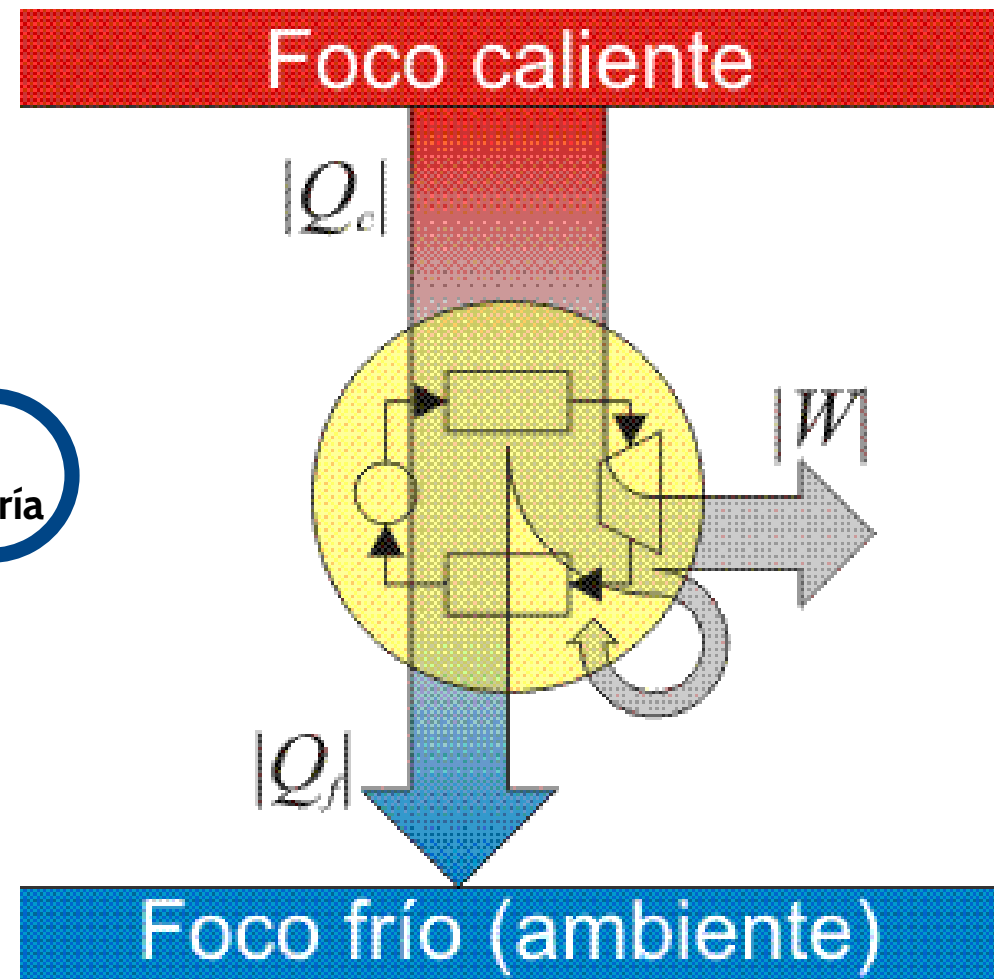
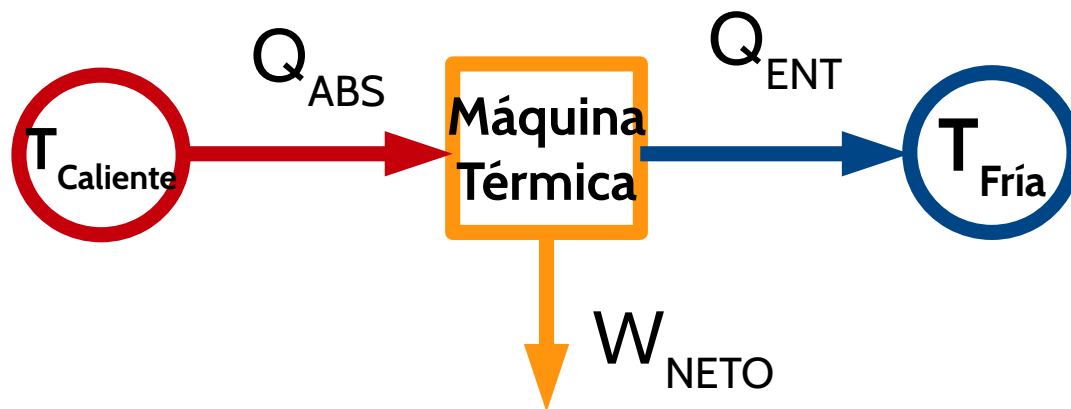


# Y según Carnot....



$$\eta = \frac{Q_{\text{ABS}} - Q_{\text{ENT}}}{Q_{\text{ABS}}} = 1 - \frac{Q_{\text{ENT}}}{Q_{\text{ABS}}} \leq 1 - \frac{T_{\text{Fría}}}{T_{\text{Caliente}}}$$

# Máquina térmica – un poco más realista

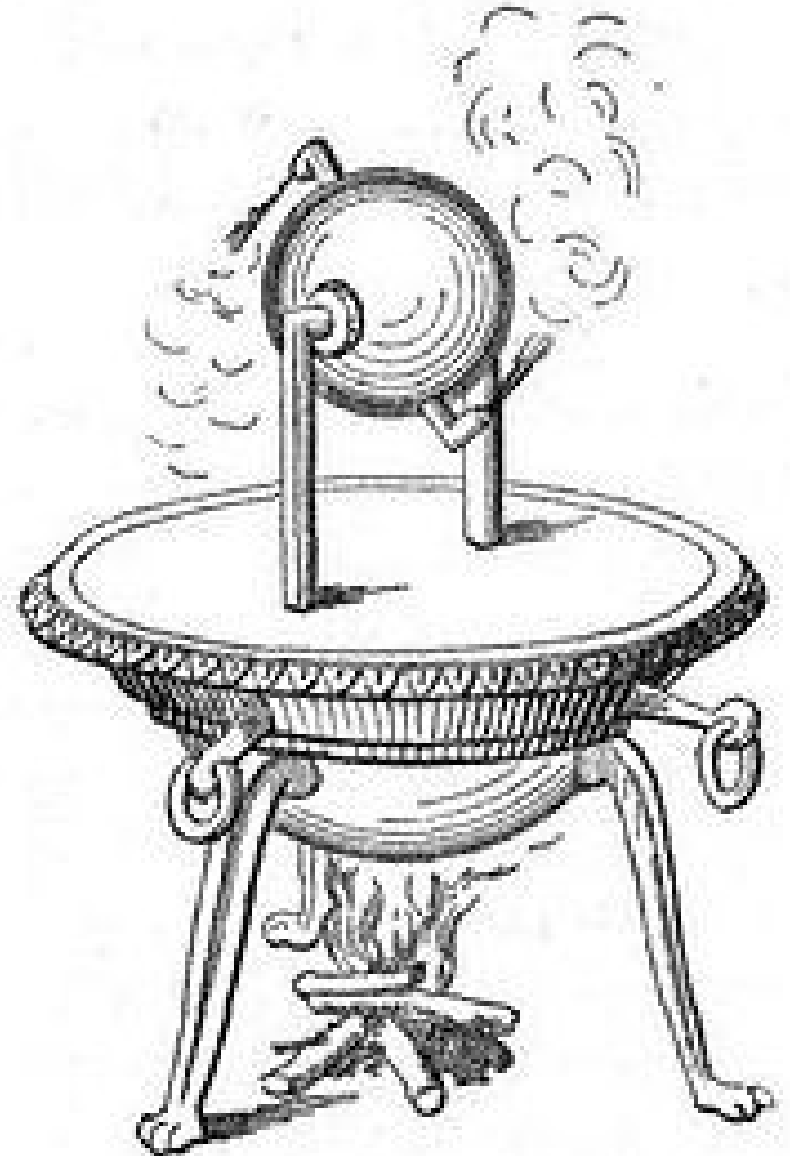




# Las primeras

- Herón de Alejandría (siglo I ó II a.C.)
- Libro “Neumática”, ¡¡100 máquinas!!

Eolípila

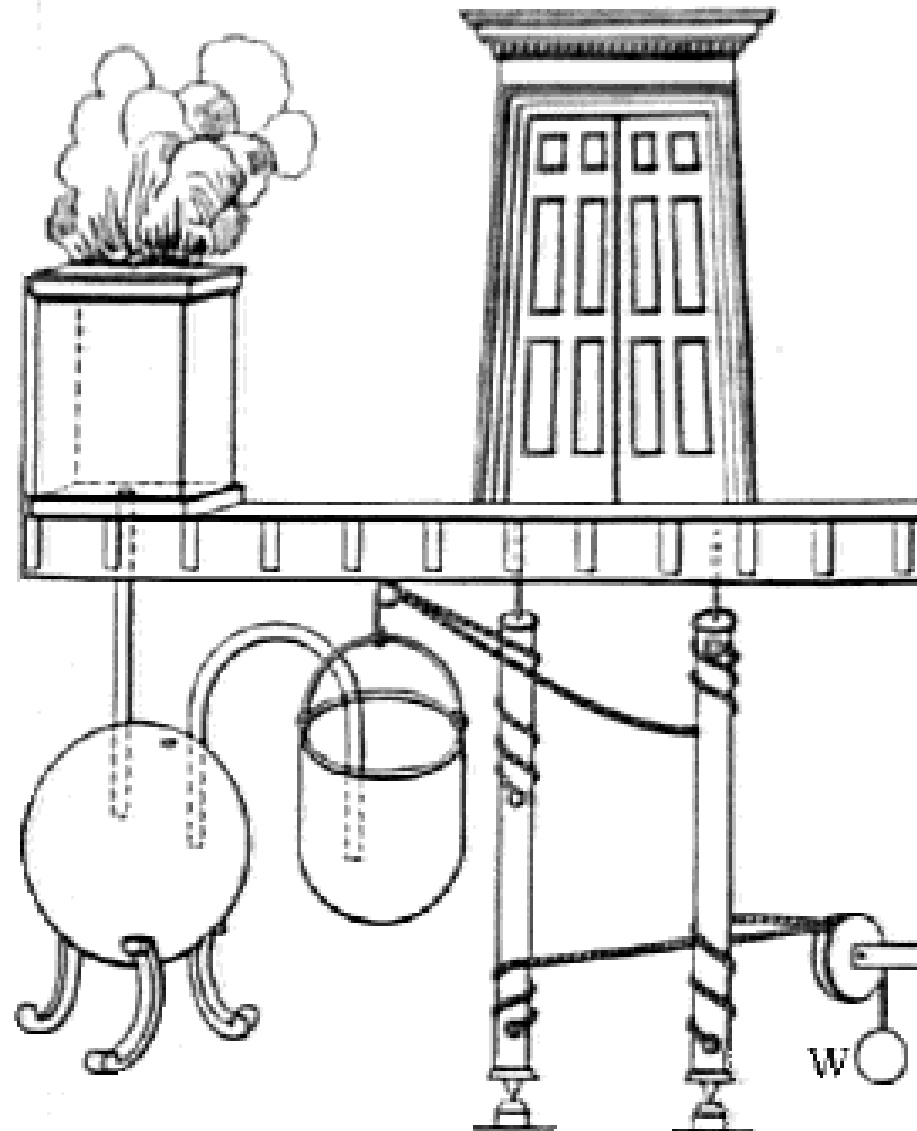








# Las puertas del templo



# La bomba



# La bomba por dentro

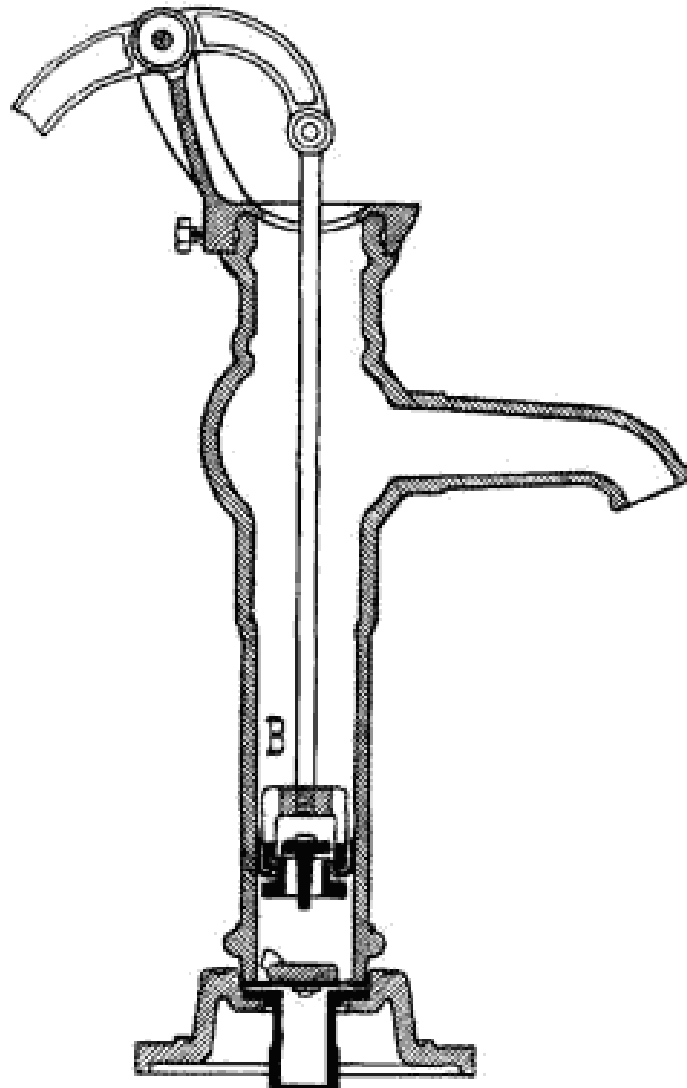


Fig. 9.



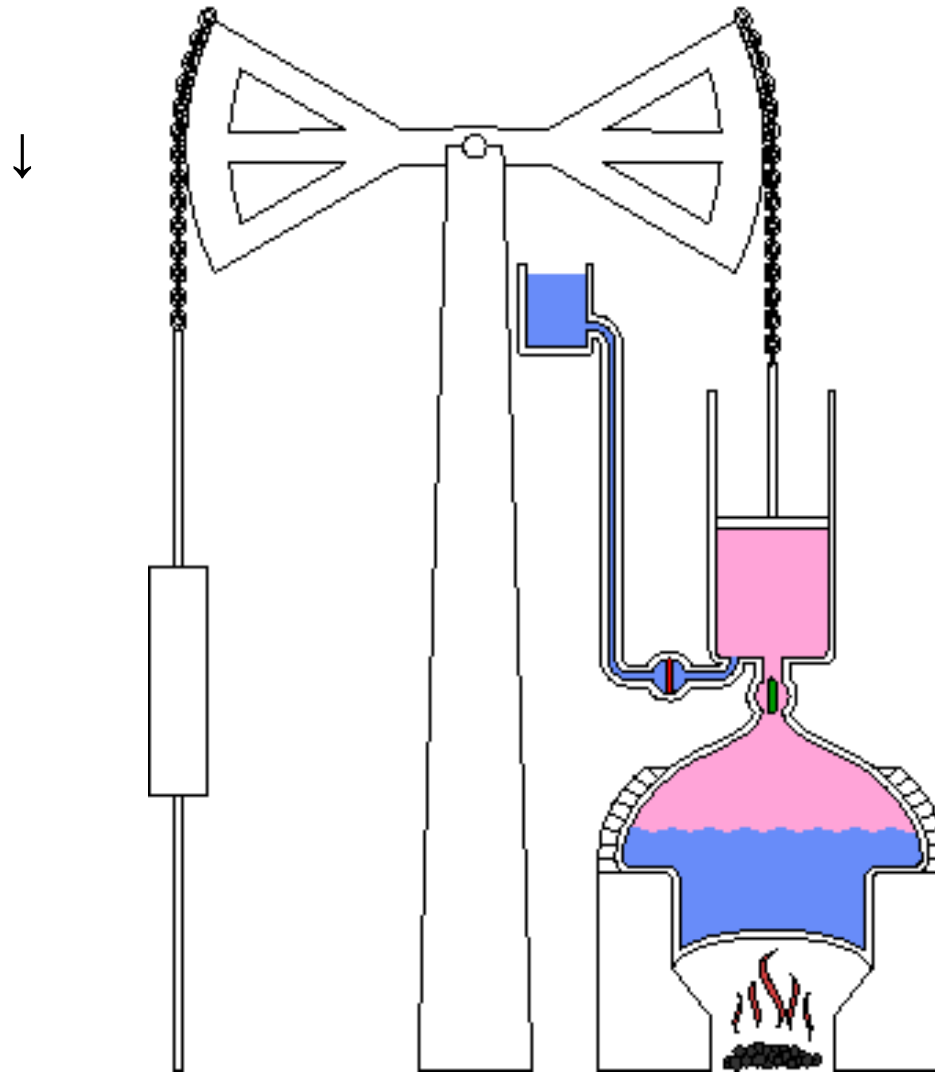
**Misma bomba**



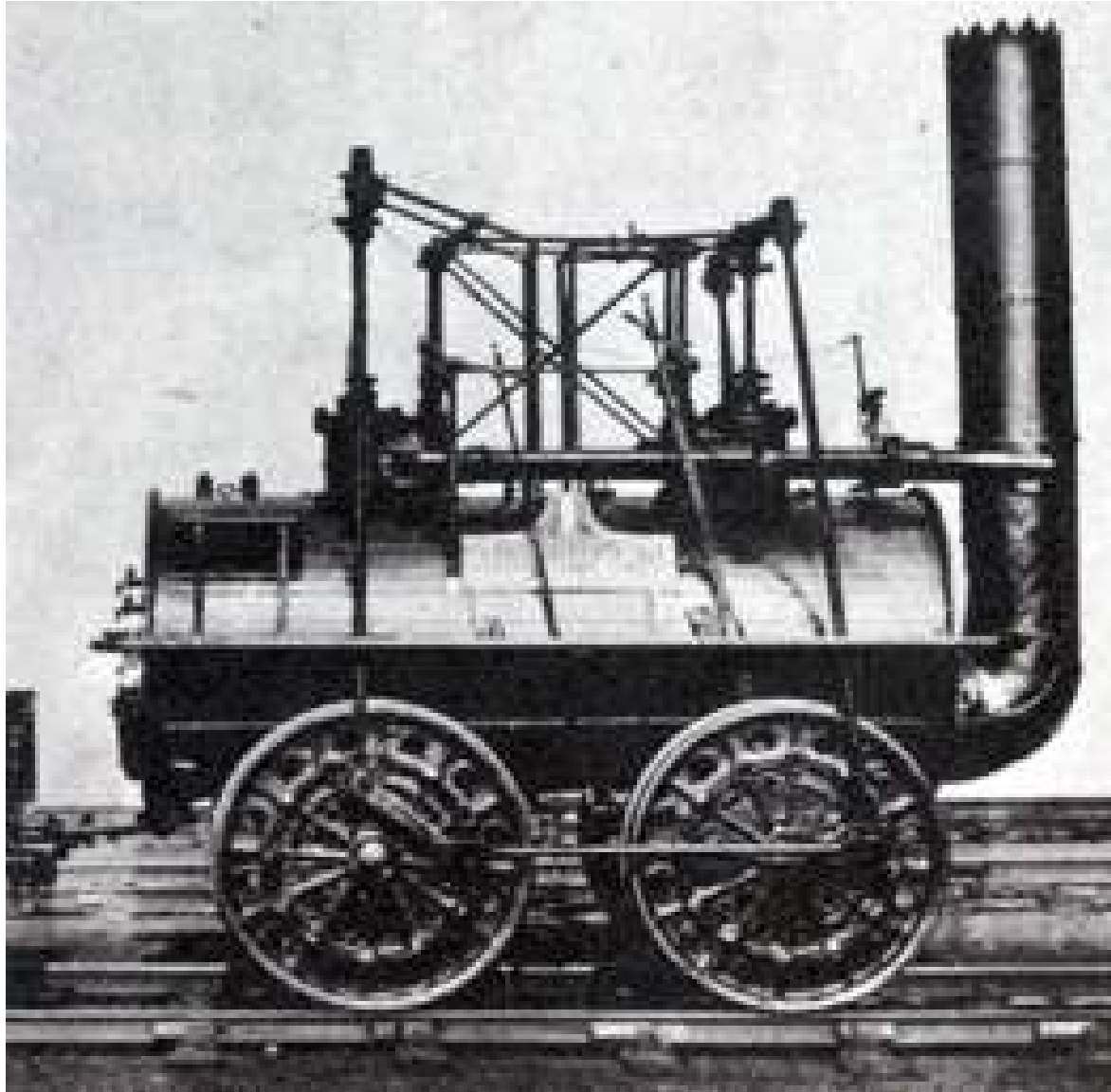
¿Posible solución?



# Otra: máquina de Newcomen



# Una locomotora primitiva



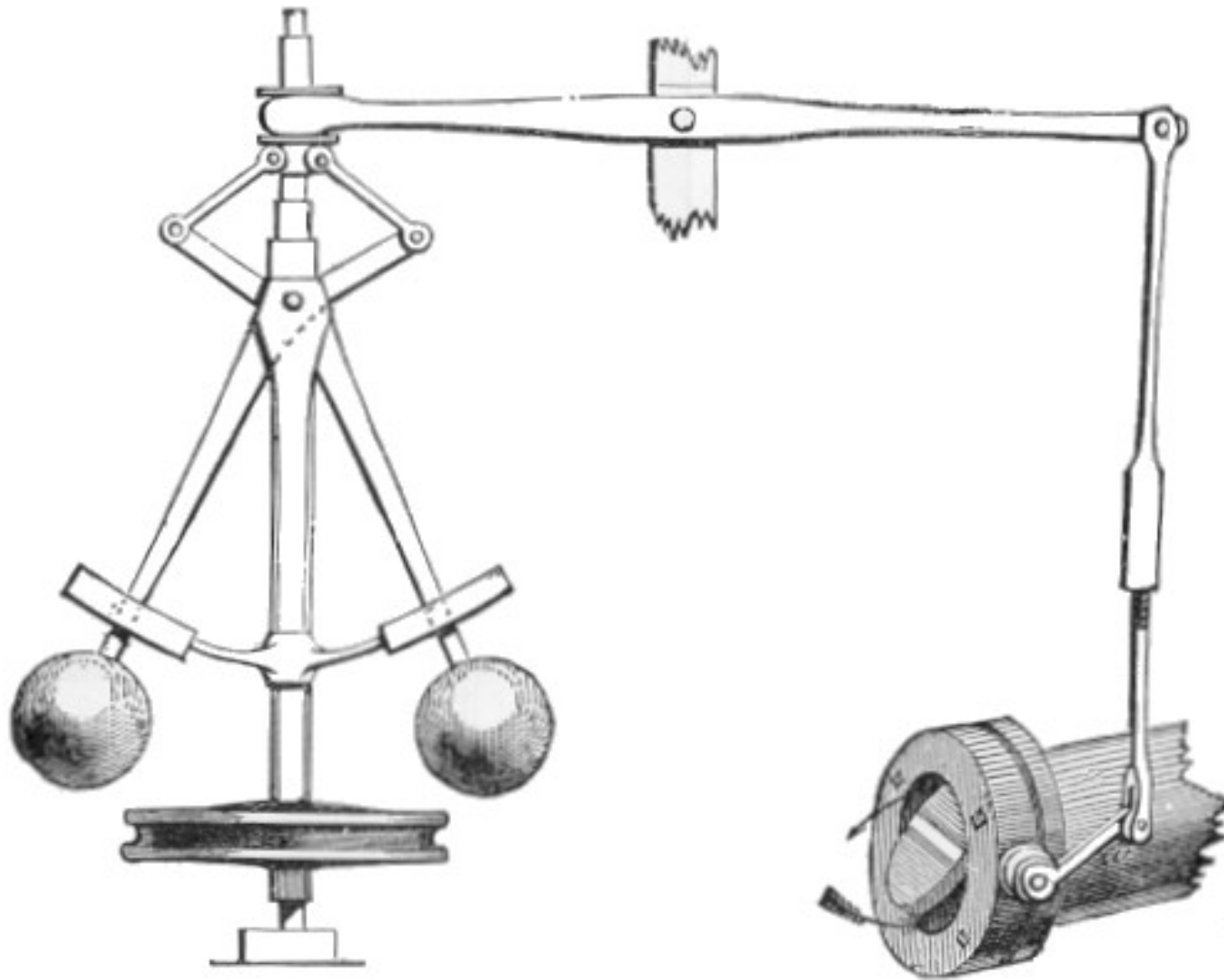


# James Watt (1736-1819) matemático e ingeniero escocés.

- Ayudó al desarrollo de la máquina de vapor convirtiéndola en una forma viable y económica de producir energía.
- Desarrolló una cámara de condensación que incrementó significativamente la eficiencia.



# Regulador de Watt



# Regulador de Watt





**Funcionamiento: regular con precisión es una  
tarea complicada... (PID)**

