

# Universidad Nacional de Río Negro

## Física III B – 2020

- **Unidad** 02
- **Clase** U02 C04 / 09
- **Fecha** 16 Abr 2020
- **Cont** Máquinas térmicas
- **Cátedra** Asorey
- **Web** <http://gitlab.com/asoreyh/unrn-f3b>



# Contenidos: Termodinámica, alias F3B, alias F4A

Unidad 1

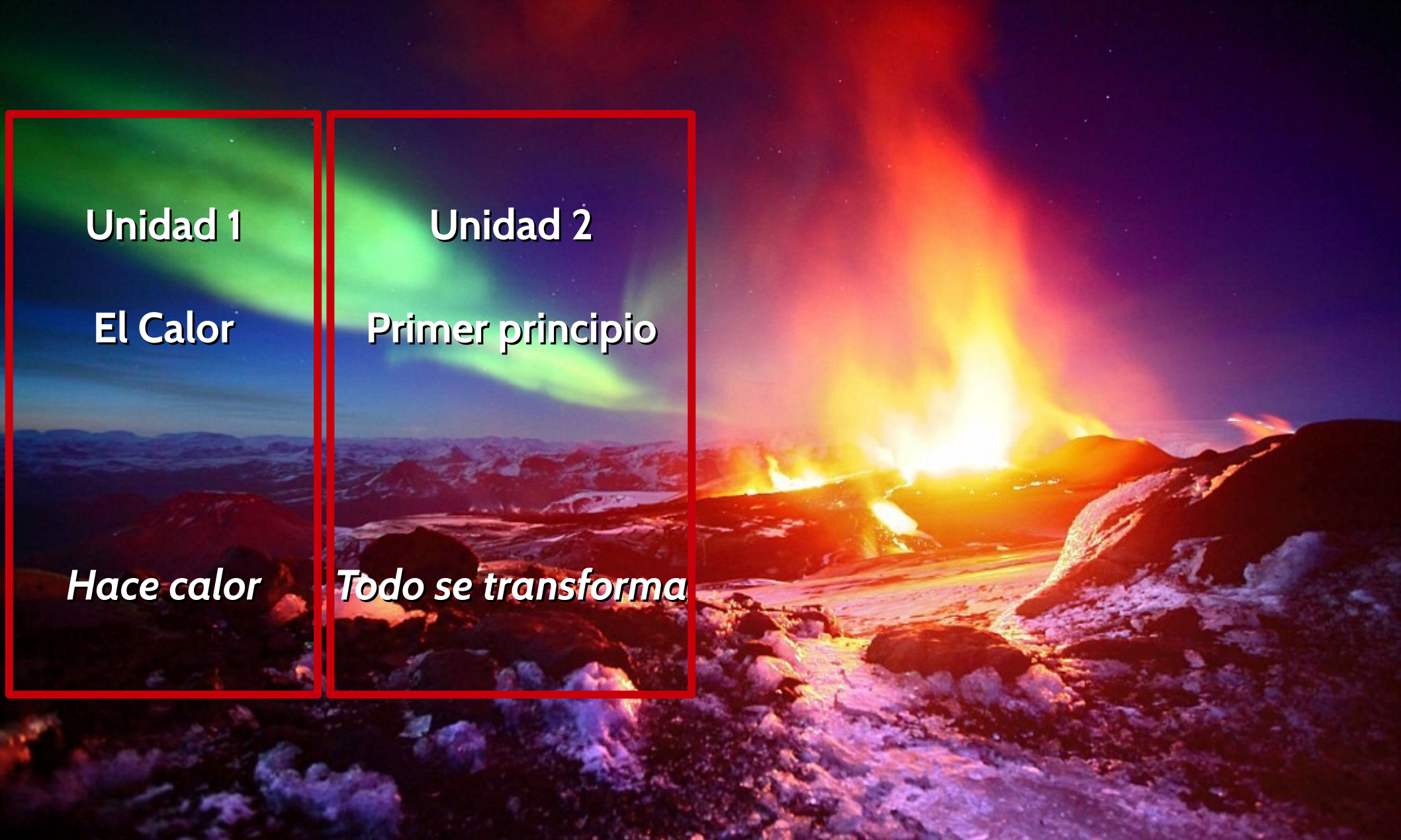
El Calor

*Hace calor*

Unidad 2

Primer principio

*Todo se transforma*





# Módulo 1 - Unidad 2: primer principio

## Del 05/Abr al 26/Abr (7 encuentros)

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

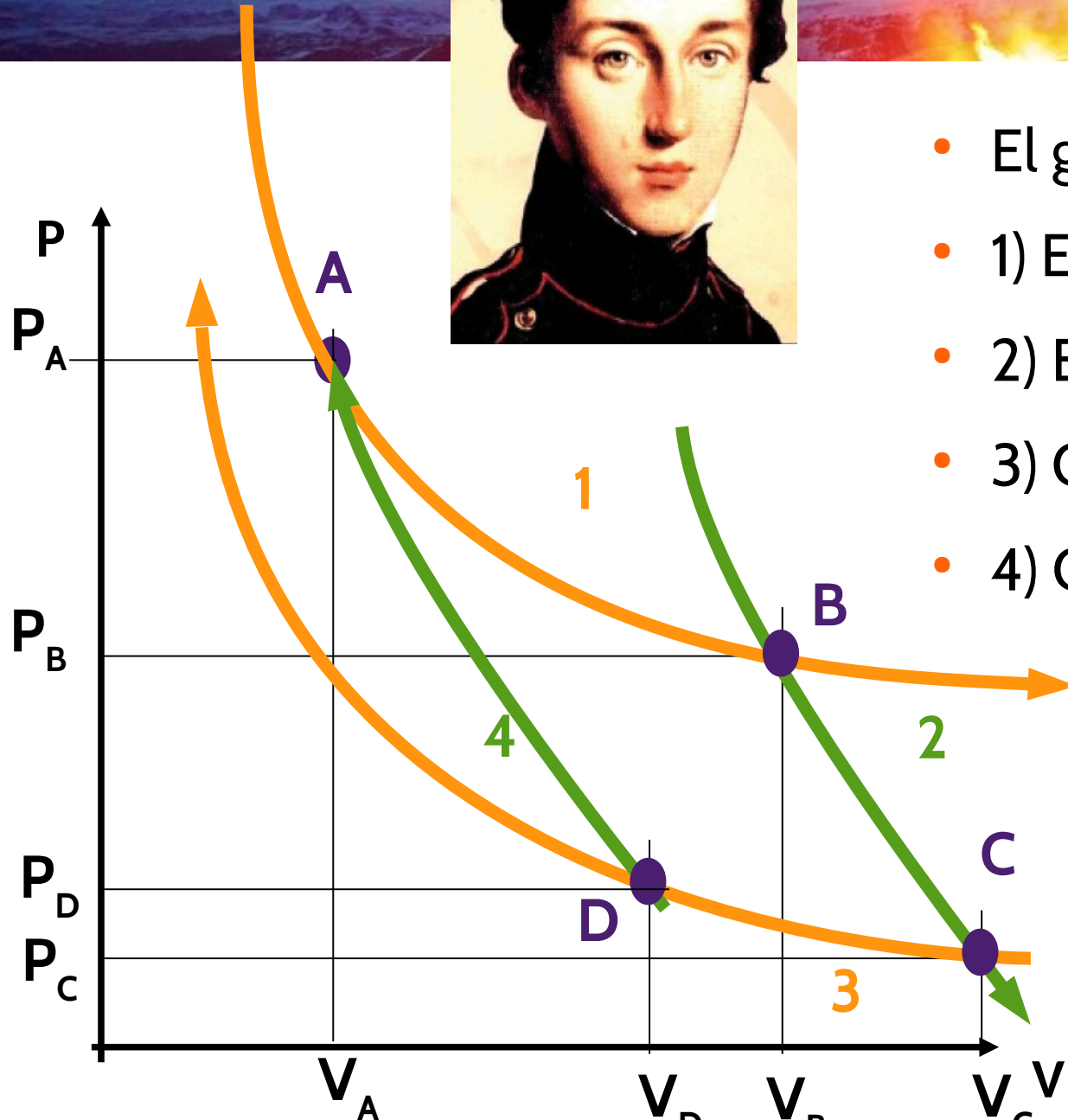




# Reversibilidad termodinámica (volveremos)

- **Proceso Reversible** es aquel en el que el sentido puede invertirse mediante un cambio infinitesimal de las condiciones de entorno
  - Idealización
  - Punto a punto  $\rightarrow$  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,

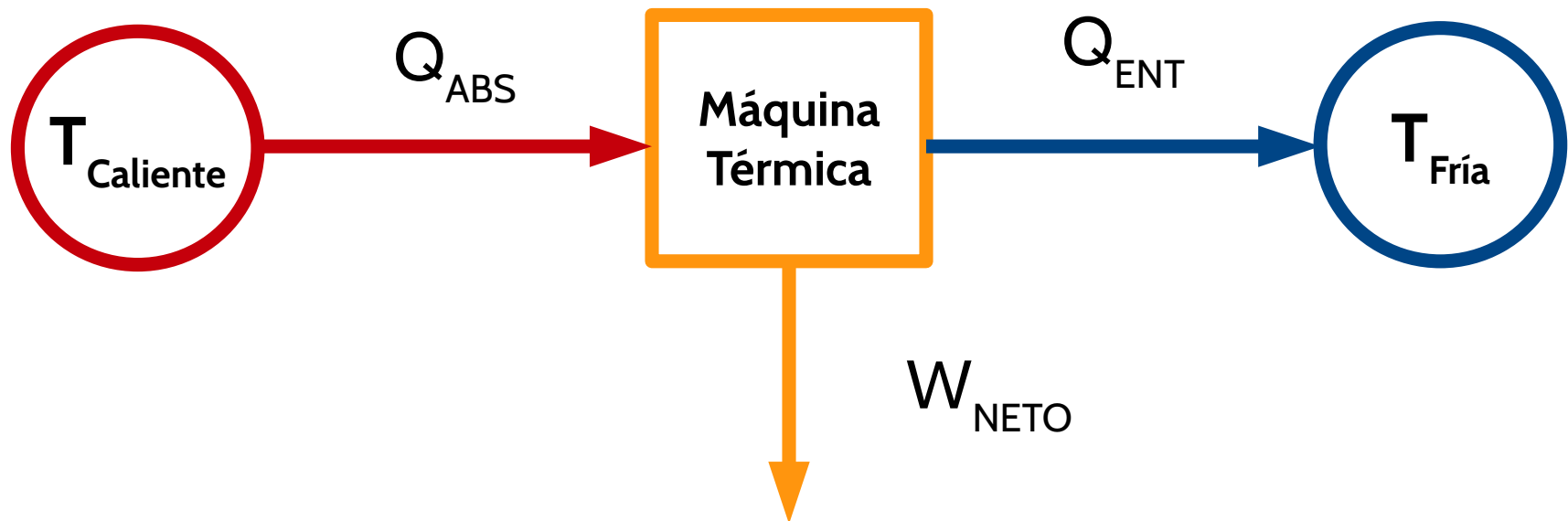
$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_C}{T_A} < 1$$

- 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).**

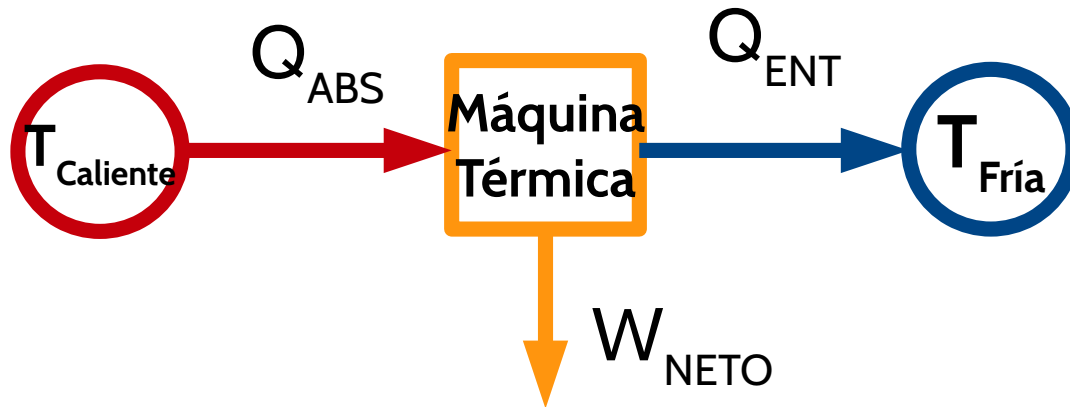
# Máquinas térmicas

- **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



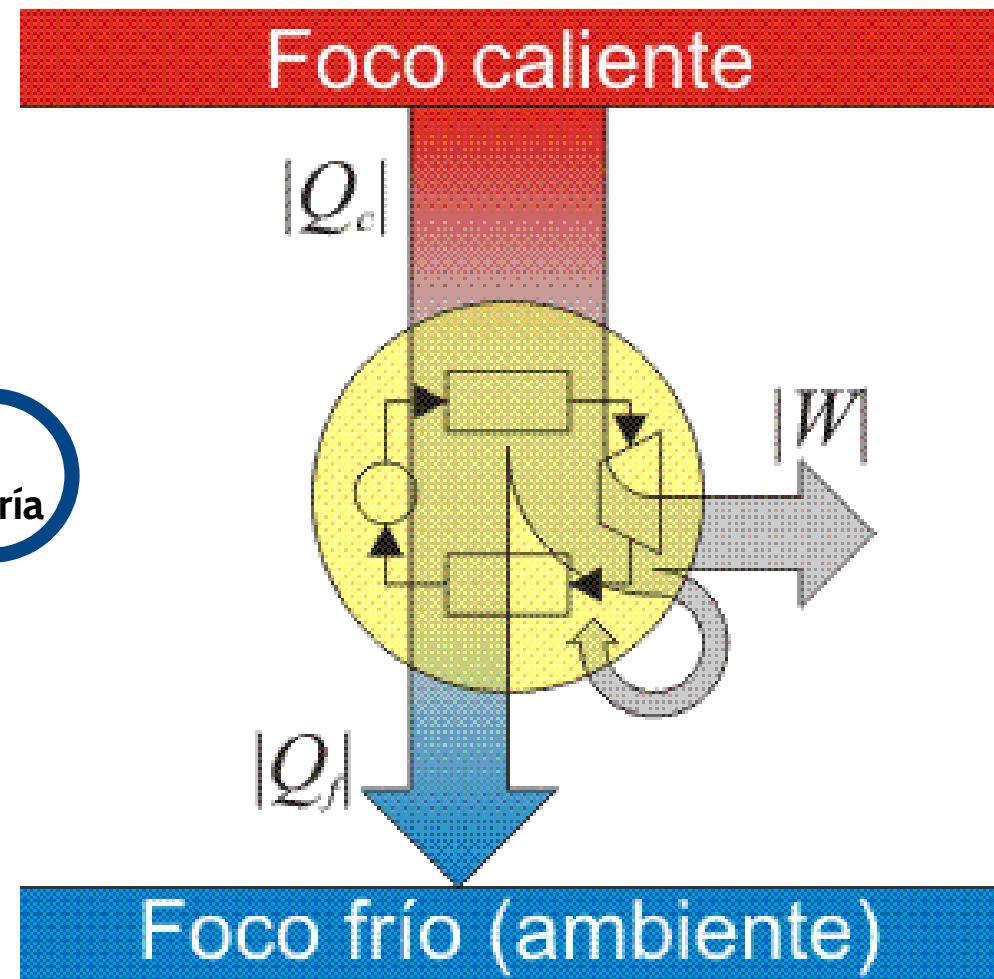
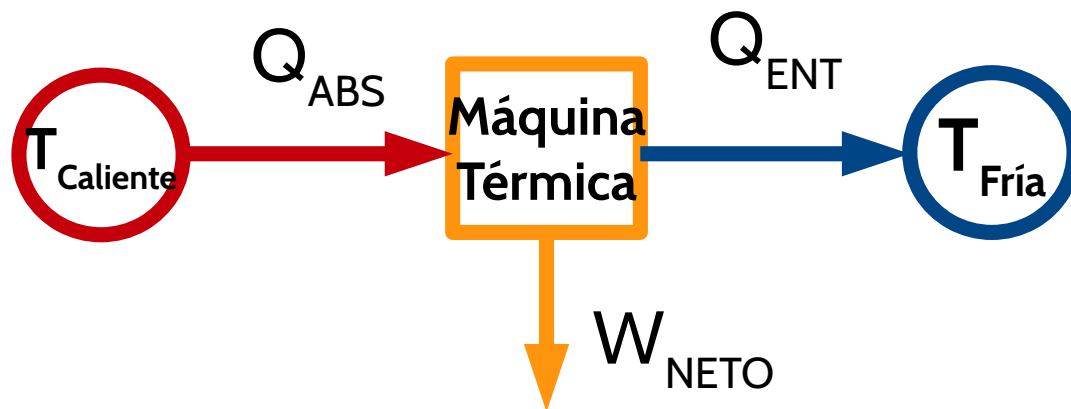


# Y según Carnot....



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

# Máquina térmica – un poco más realista



# Las primeras

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



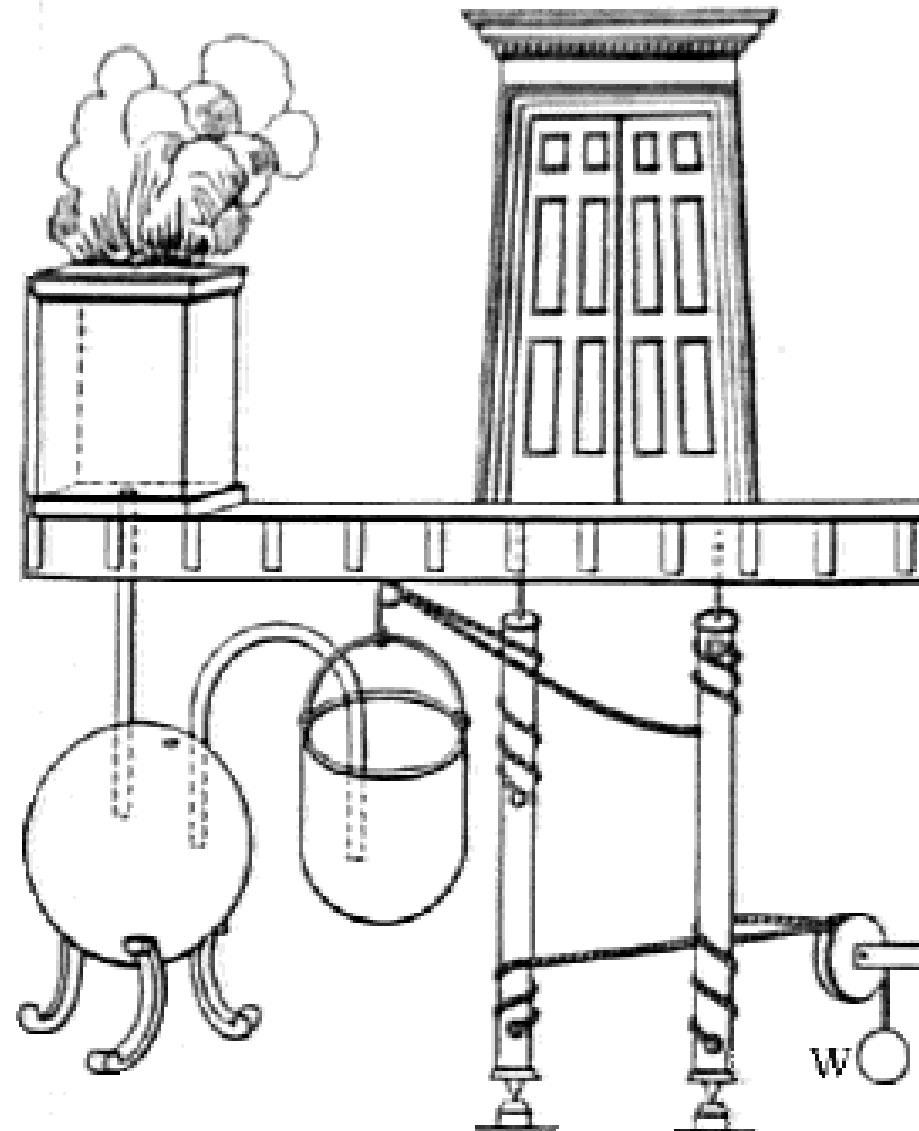
Eolípila







# Las puertas del templo





# La bomba



# La bomba por dentro

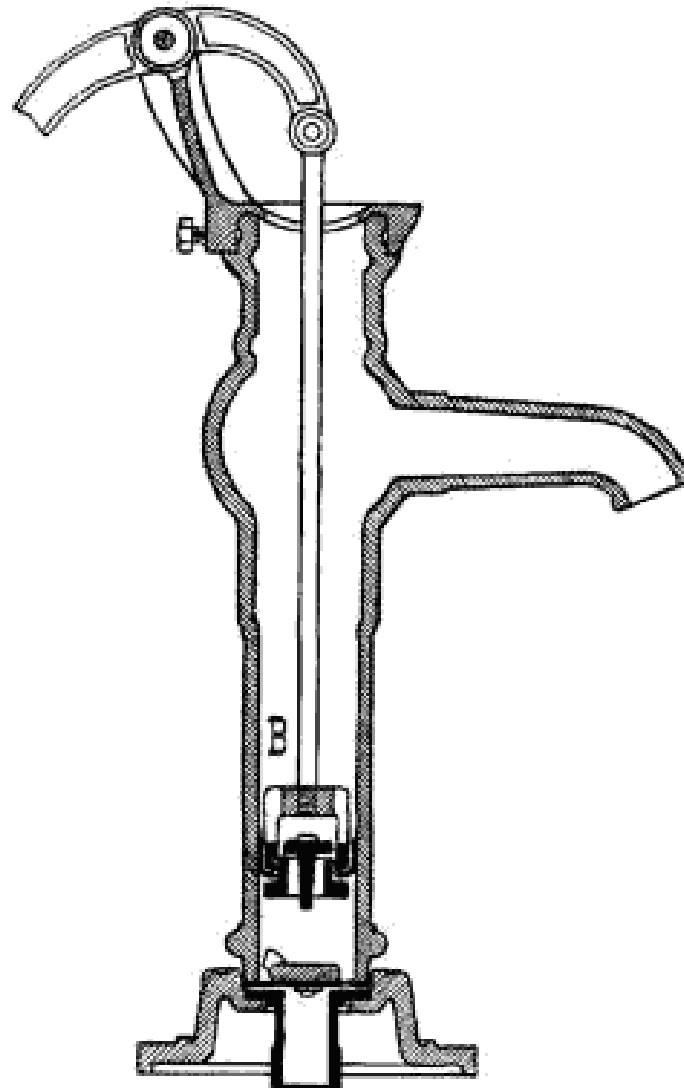


Fig. 9.

# Misma bomba

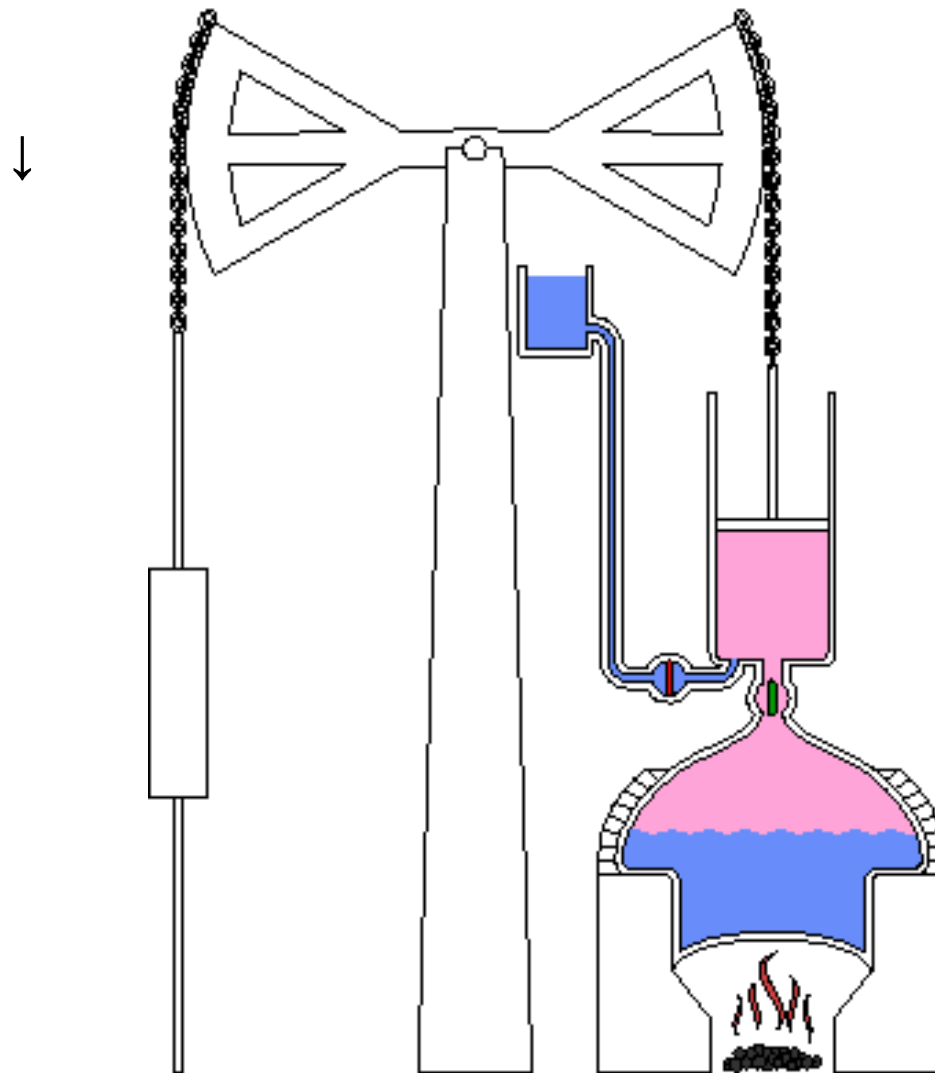




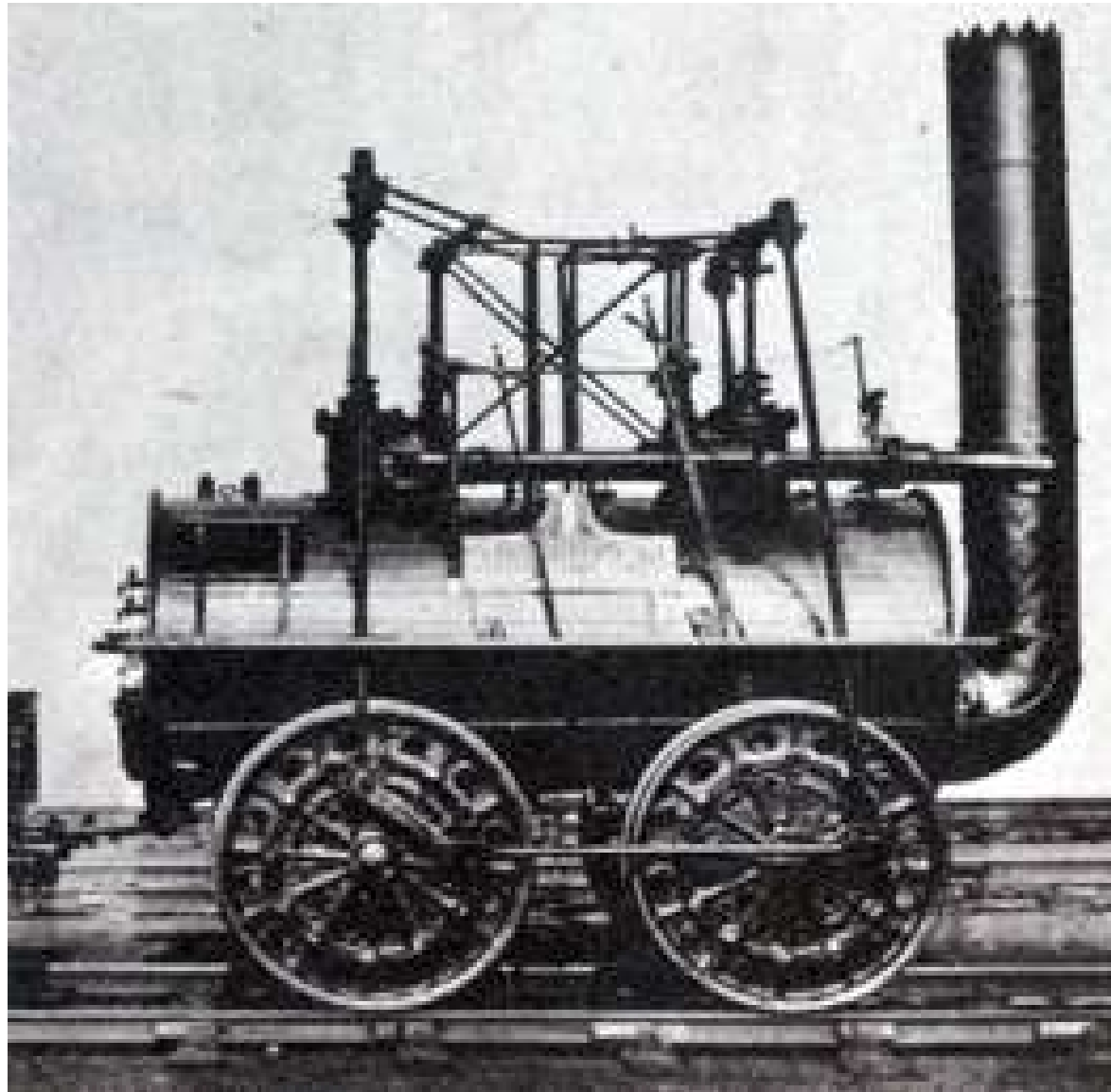
# ¿Posible solución?



# Otra: máquina de Newcomen



# Una locomotora primitiva



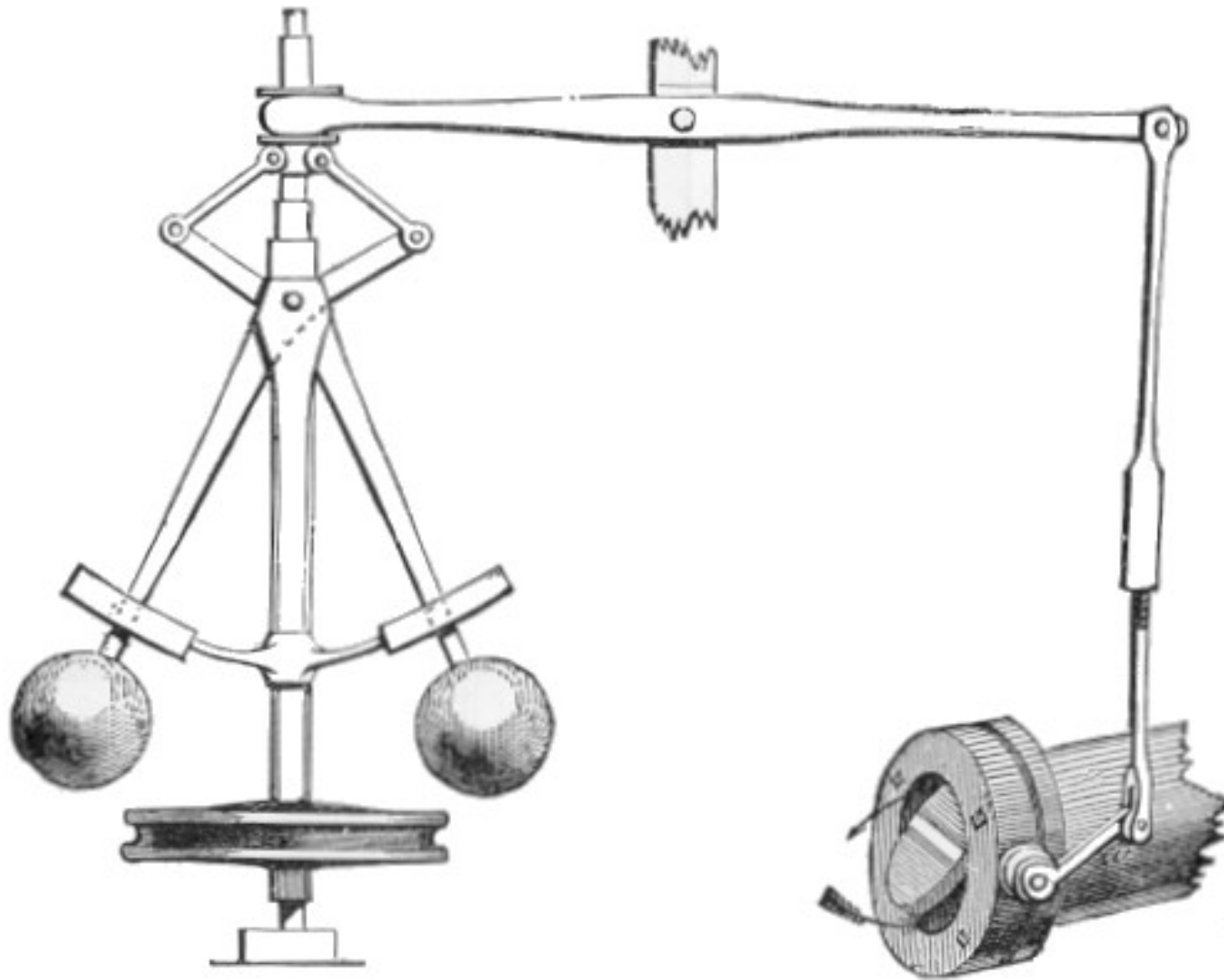


# James Watt (1736-1819) matemático e ingeniero escocés.

- 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

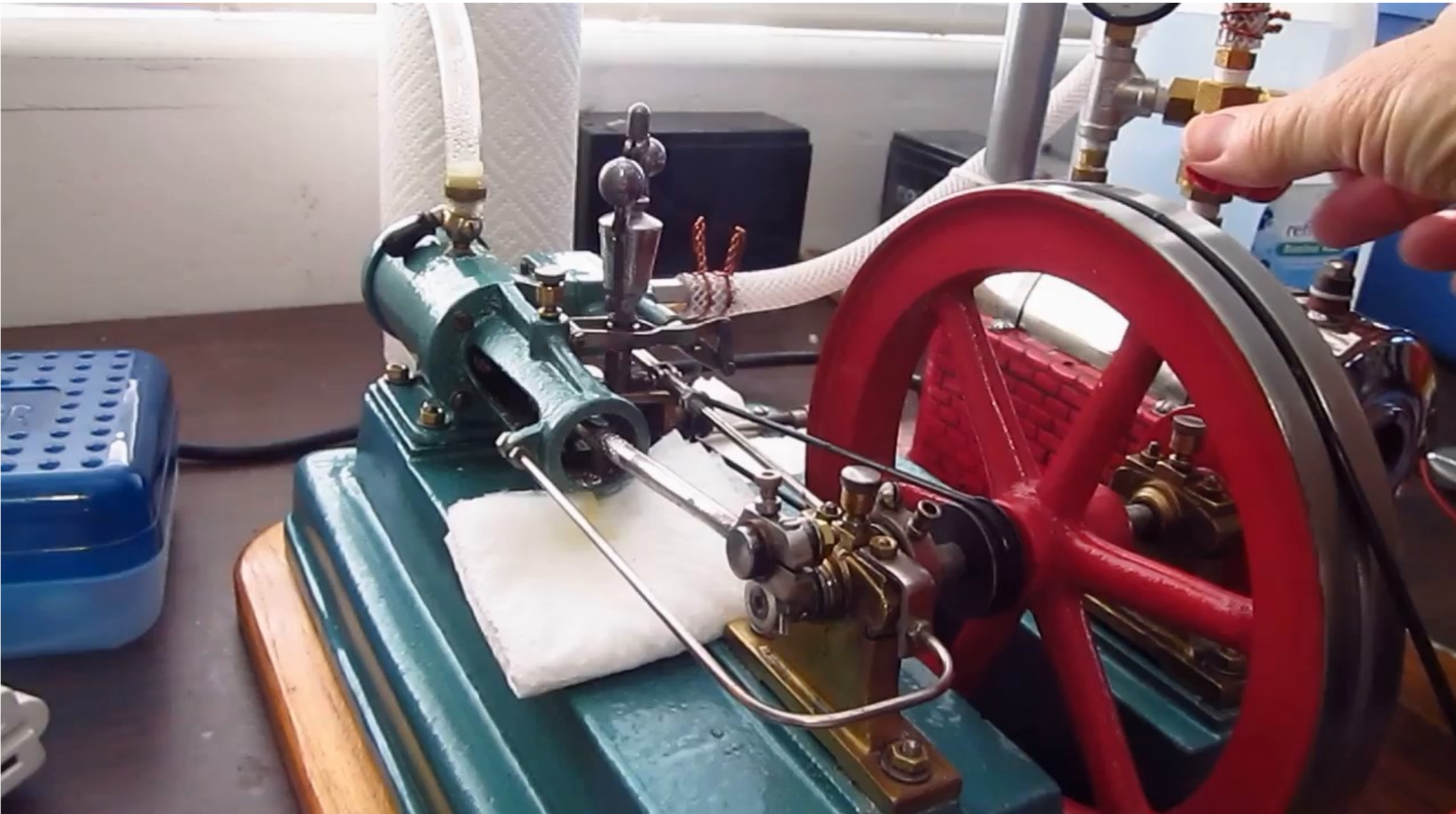


# Regulador de Watt



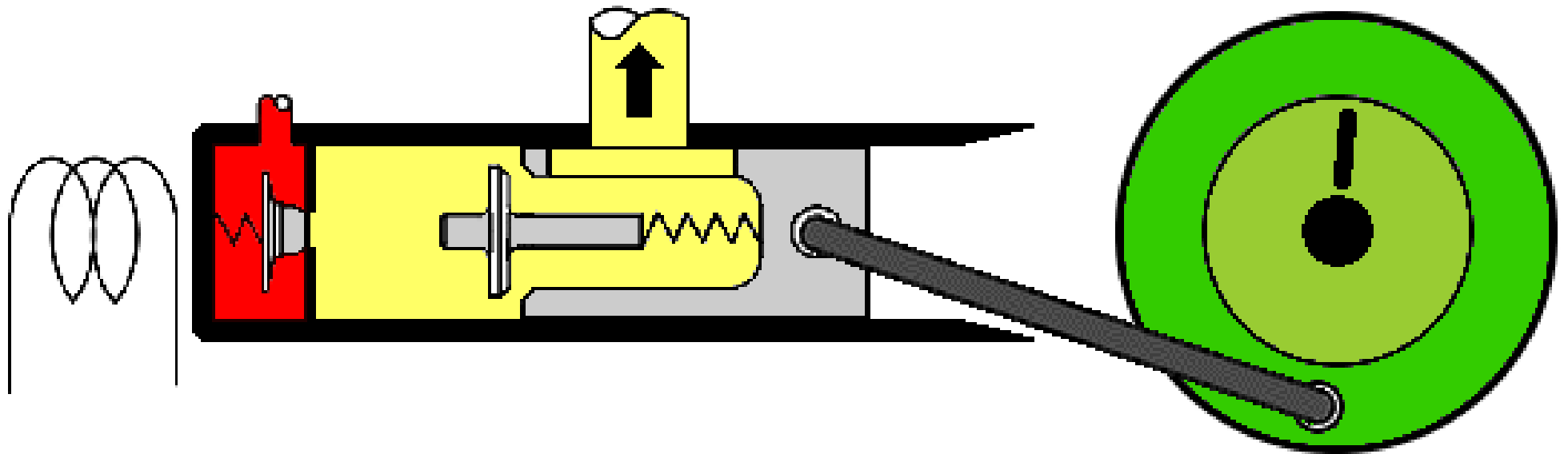


**Funcionamiento: regular con precisión es una  
tarea complicada... (PID)**

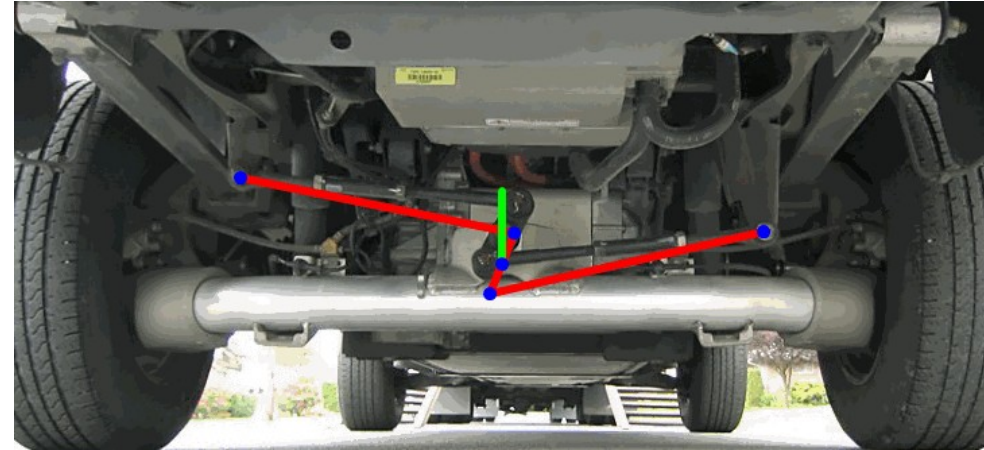
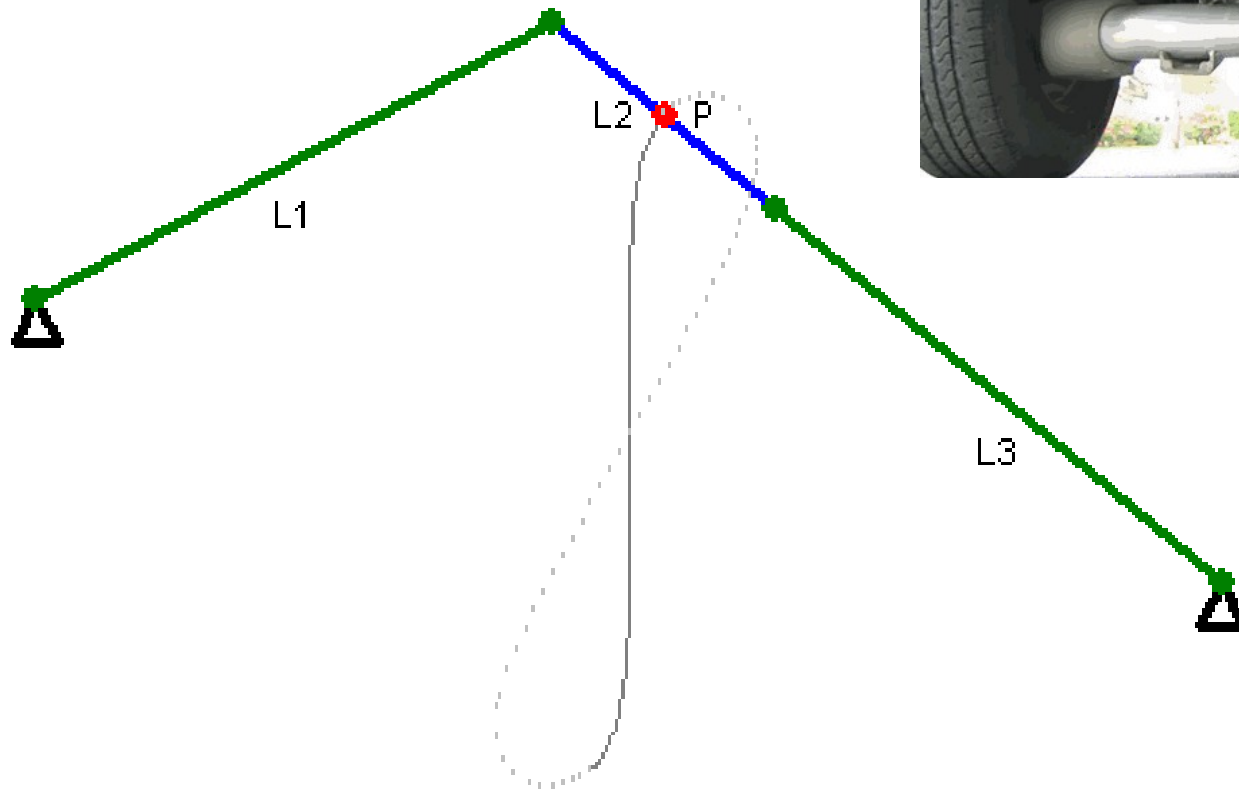




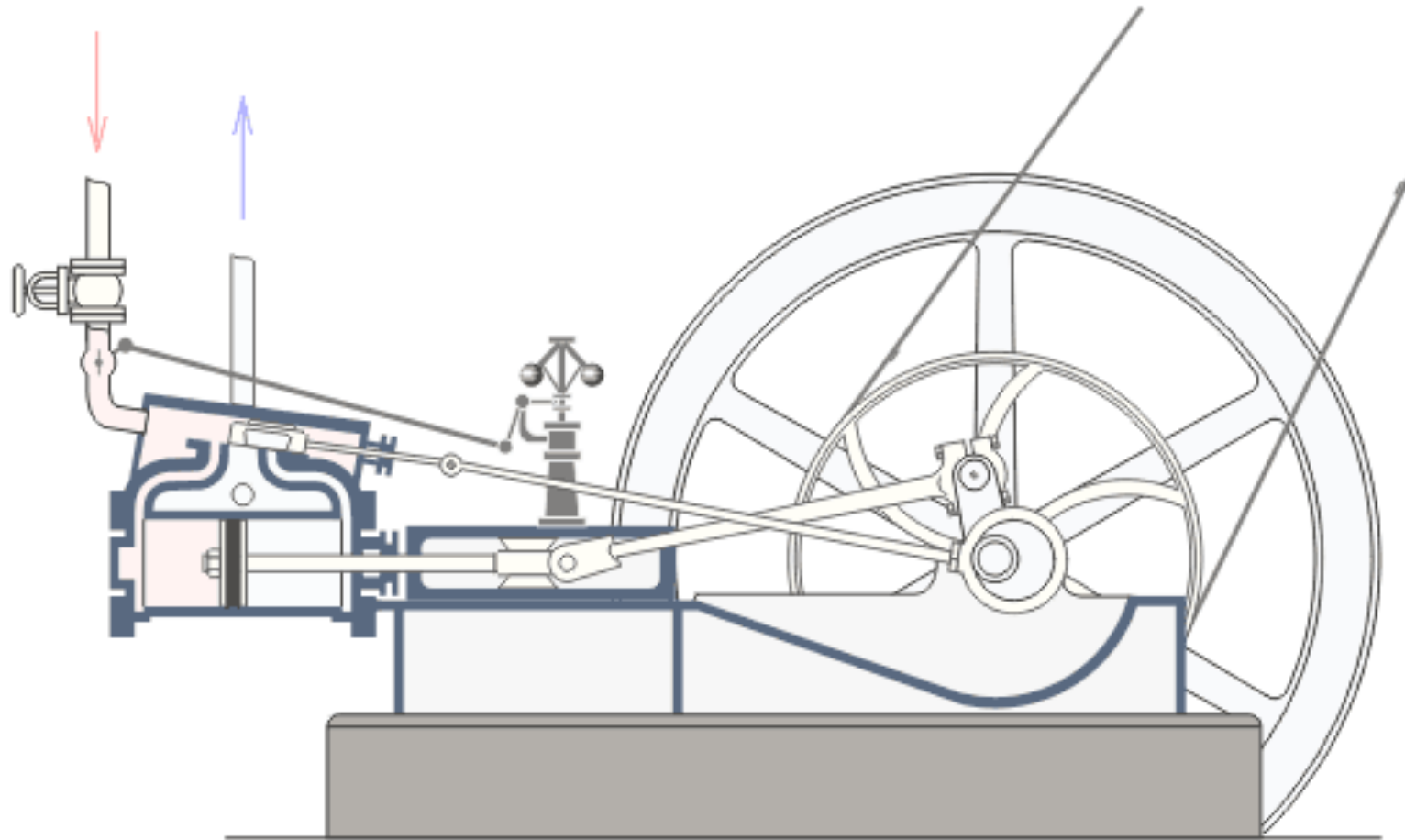
# Primeras ideas



# Mecanismo de Watt, 2

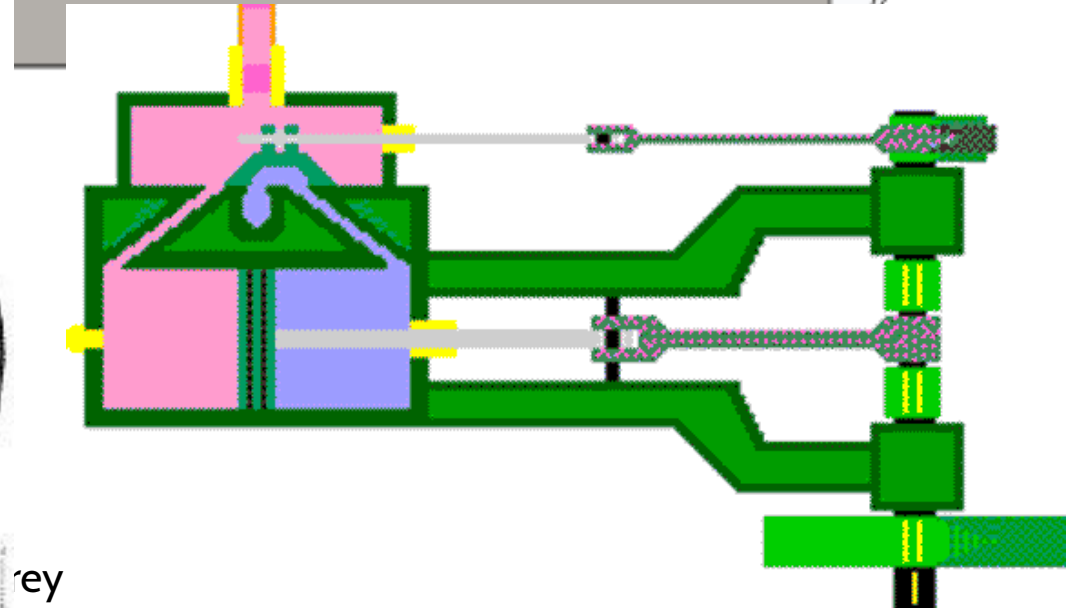
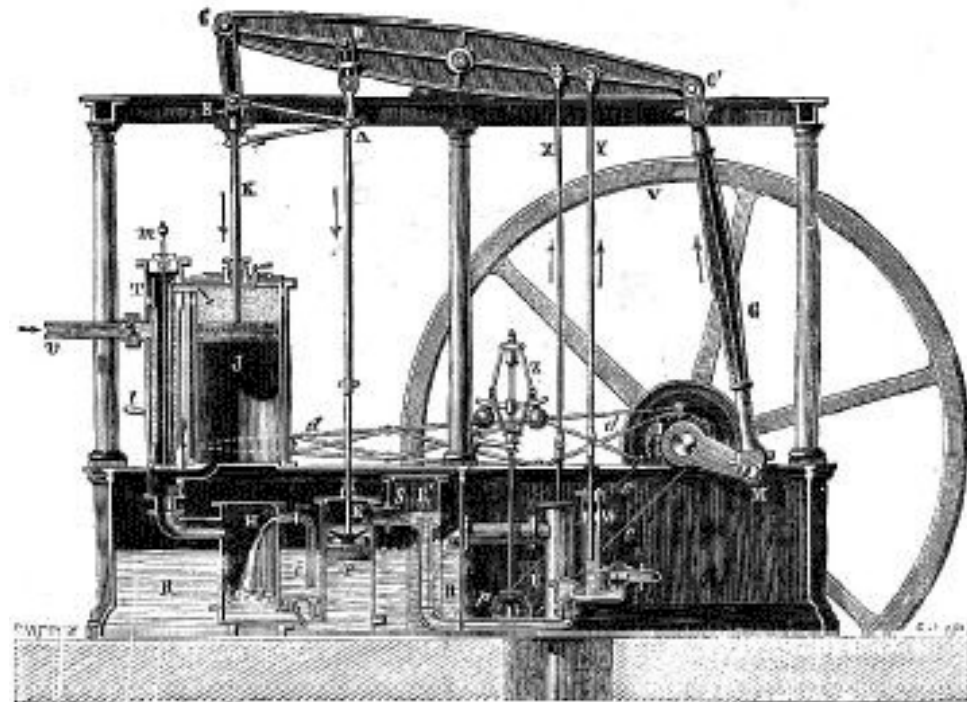
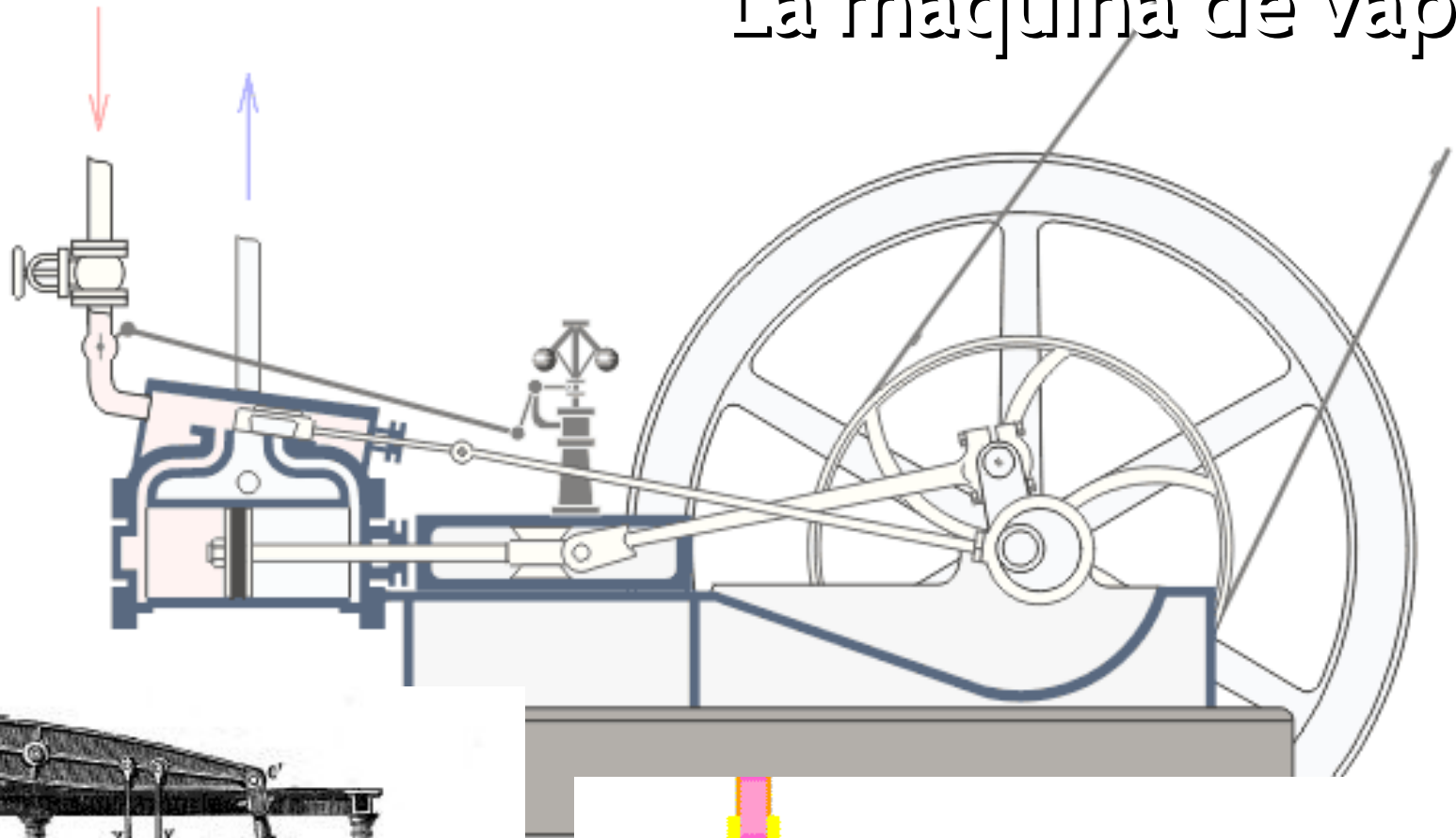


# La máquina de vapor





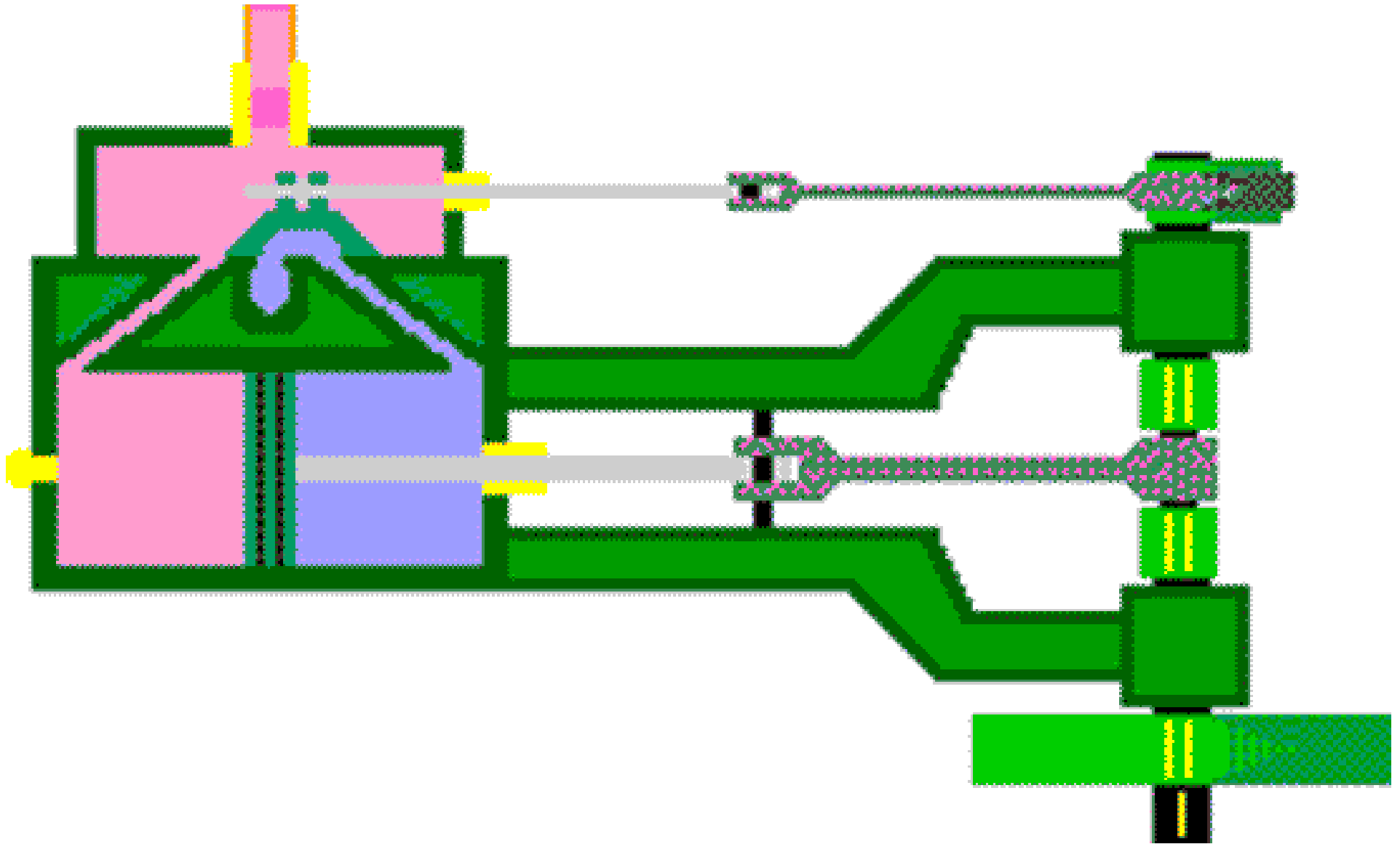
# La máquina de vapor



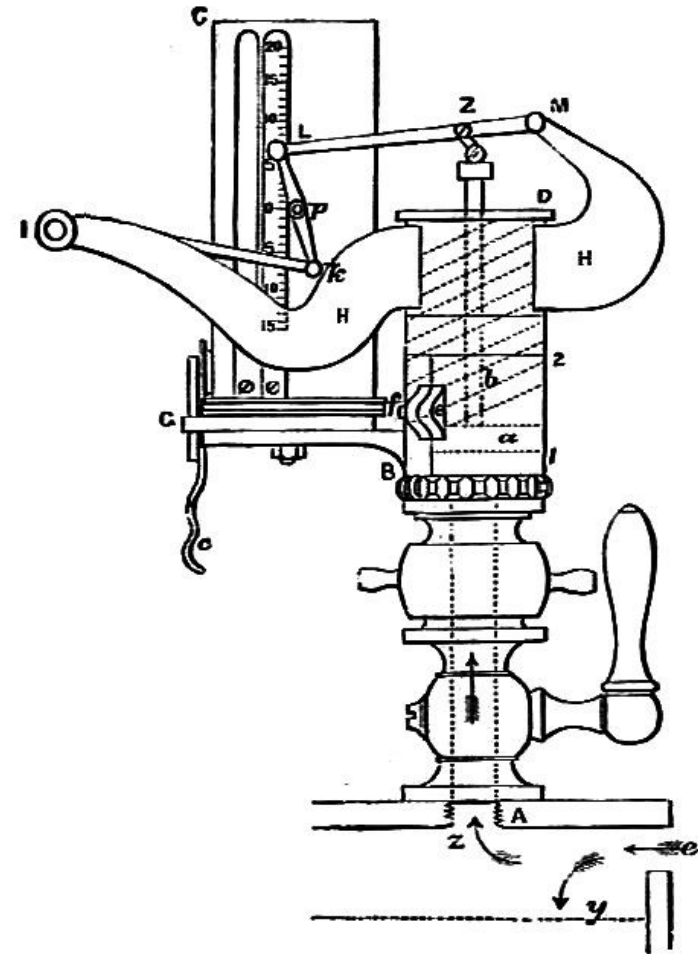
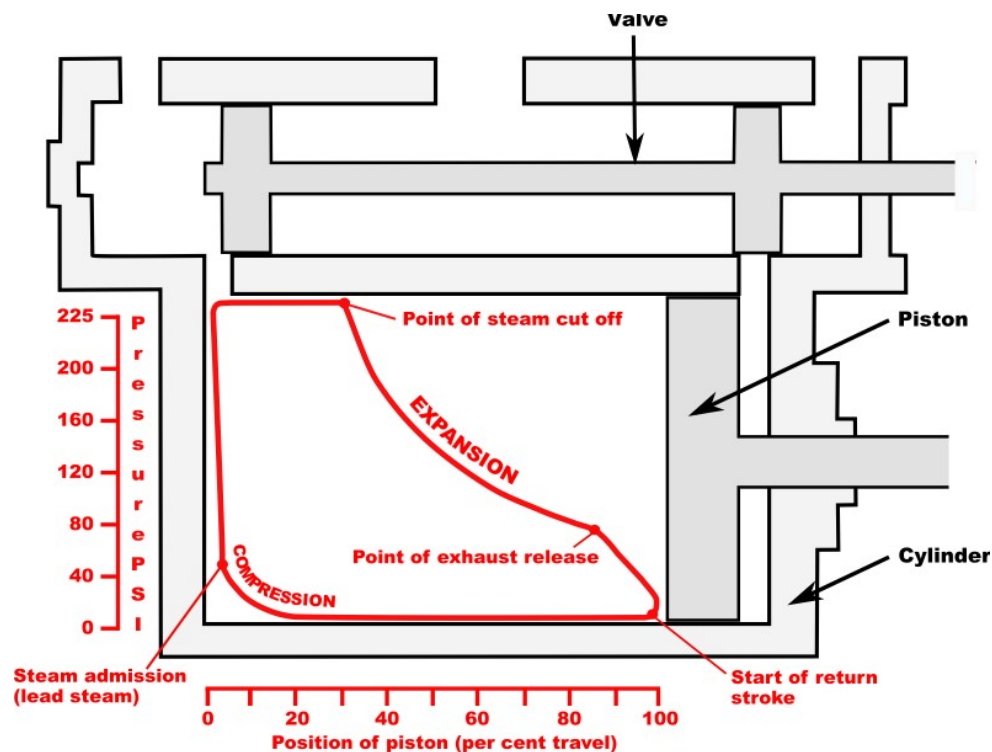
rey



# El pistón de doble acción

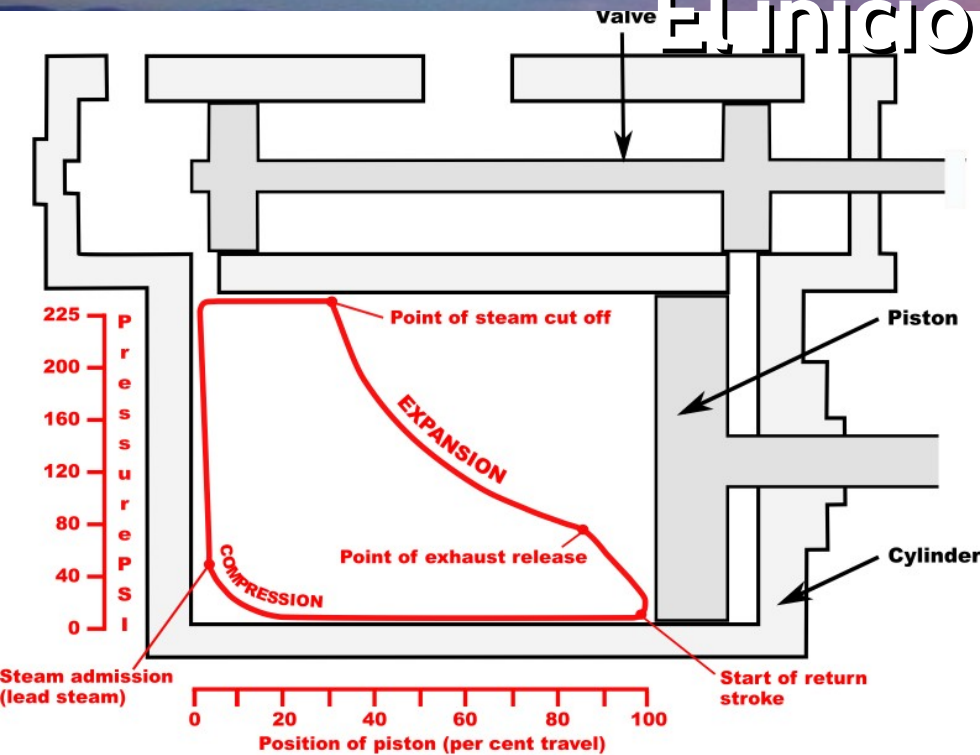


# Indicador de evolución de Richard ¡diagrama PV real!

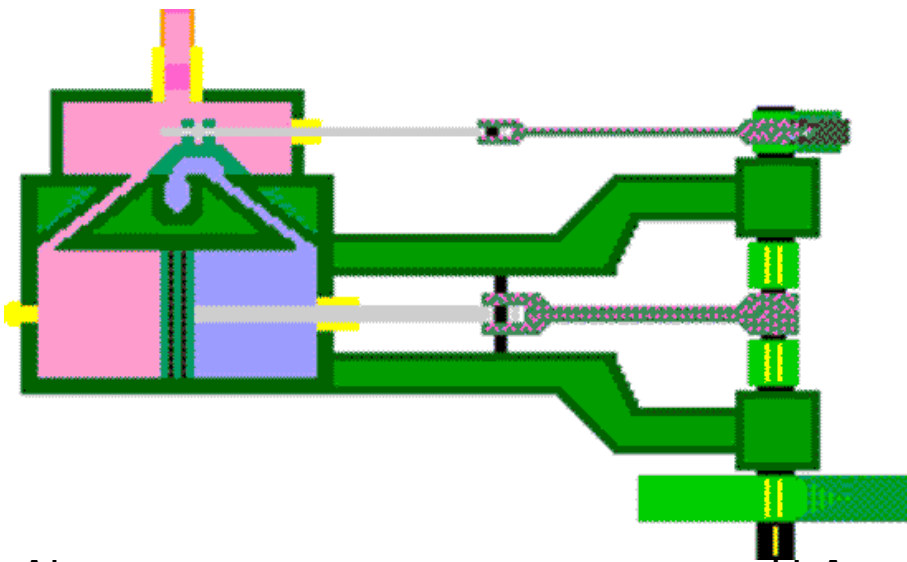


# Un ciclo que funciona

## El inicio de la revolución industrial

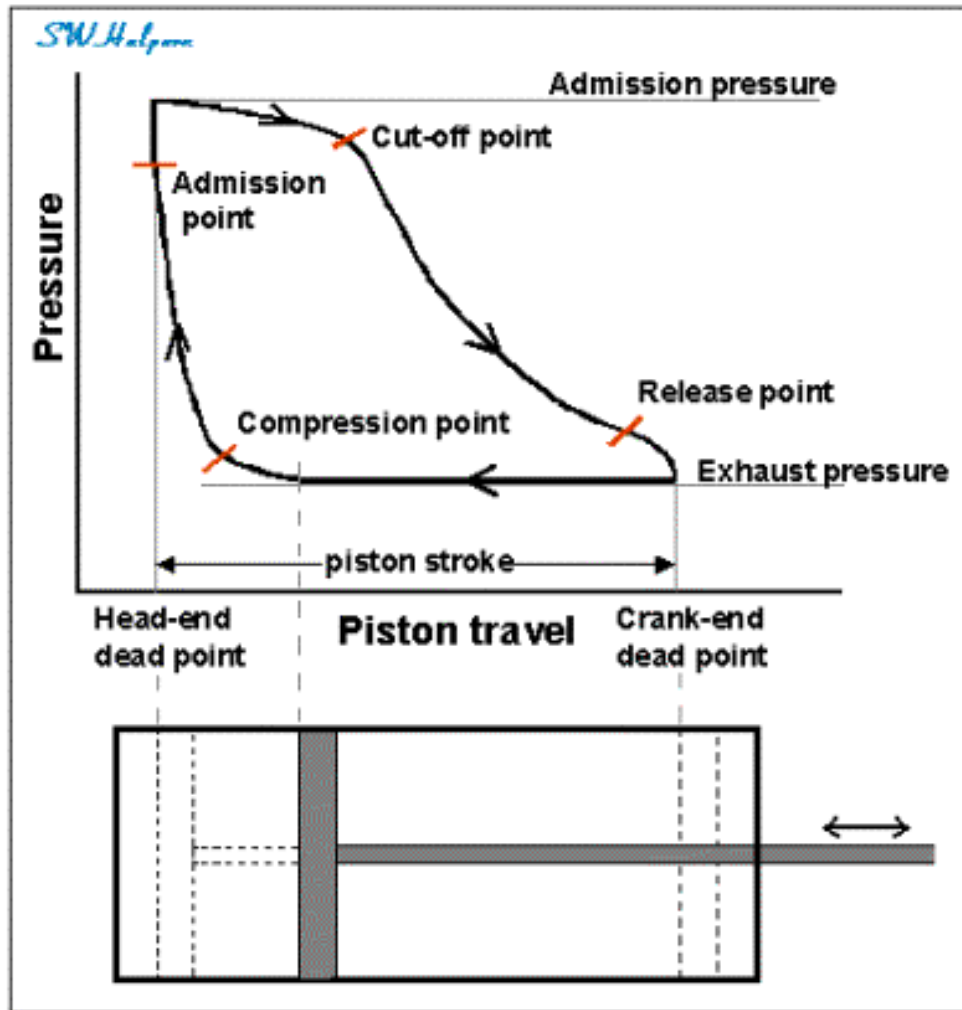


- **Admisión:**  
el vapor de alta presión ingresa (ingreso de energía desde la fuente caliente)
- **Expansión:**  
comienza la expansión del vapor desplazando al pistón y produciendo trabajo mecánico
- **Escape:**  
Rápida salida de vapor de baja presión hacia la fuente fría
- **Compresión:**  
La admisión de vapor del otro lado del cilindro comprime el remanente y ecualiza las presiones para la nueva admisión



# Un ciclo que funciona

## El inicio de la revolución industrial



- **Admisión:**  
el vapor de alta presión ingresa (ingreso de energía desde la fuente caliente)
- **Expansión:**  
comienza la expansión del vapor desplazando al pistón y produciendo trabajo mecánico
- **Escape:**  
Rápida salida de vapor de baja presión hacia la fuente fría
- **Compresión:**  
La admisión de vapor del otro lado del cilindro comprime el remanente y ecualiza las presiones para la nueva admisión