

TALES OF THERMODYNAMICS

EL MANUAL DEL OPERARIO - EDICIÓN 1950

¡LA PRIMERA Y SEGUNDA LEY!



Aprenda cómo el Universo
audita su energía...
¡y le cobra impuestos!

LA 1RA LEY: EL CONTADOR PERFECTO



La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. El Universo exige que la caja siempre cuadre.

Regla de Oro: Todo lo que ENTRA = Todo lo que SALE + Lo que se ACUMULA.

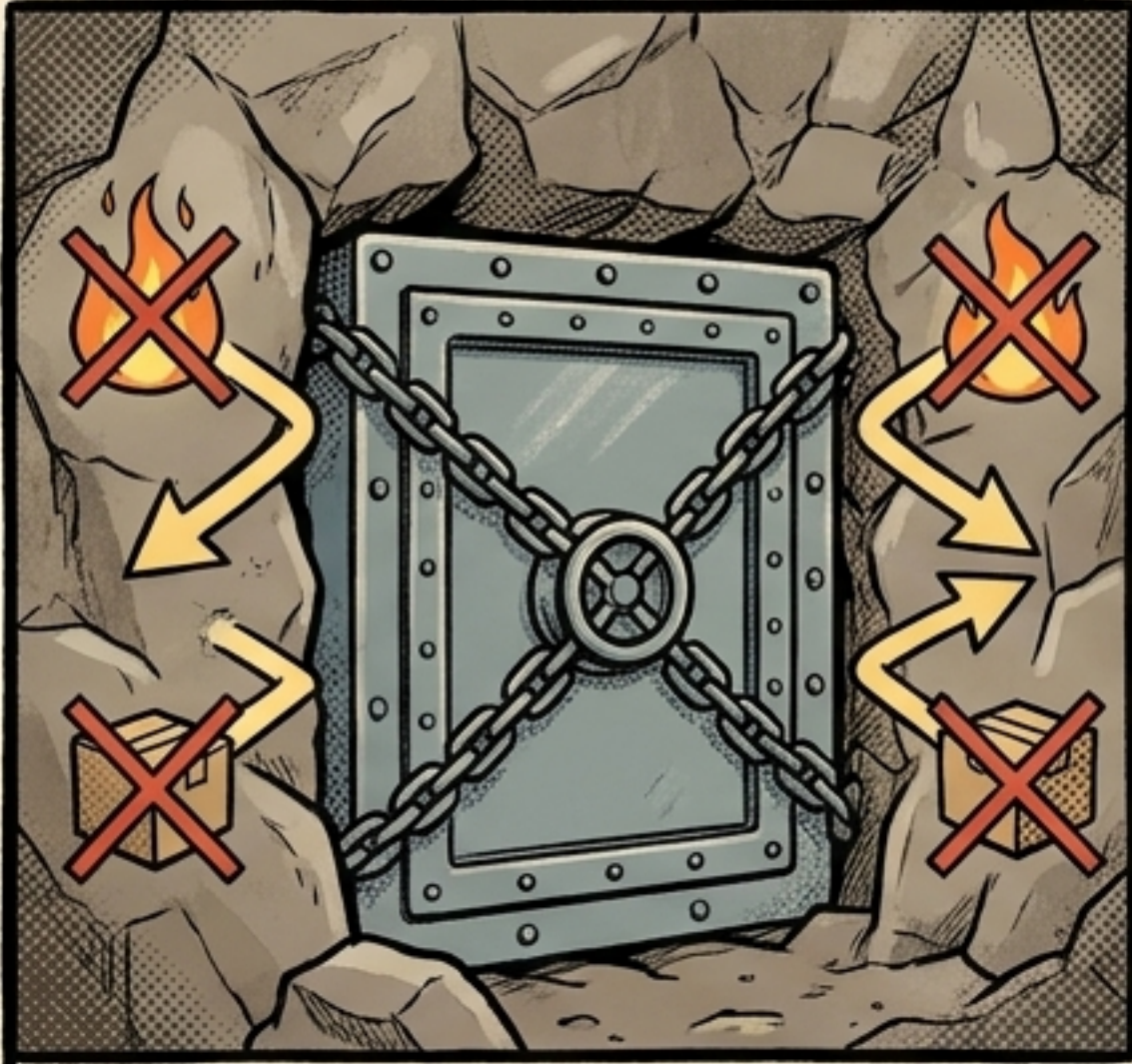
LA 2DA LEY: EL IMPUESTO INEVITABLE



La energía se degrada. El Universo te cobra un impuesto por cada transacción llamado Entropía (S).

Regla de Oro: Ninguna máquina es 100% eficiente. El desorden siempre aumenta.

LAS BÓVEDAS DE LA FÁBRICA (Sistemas)

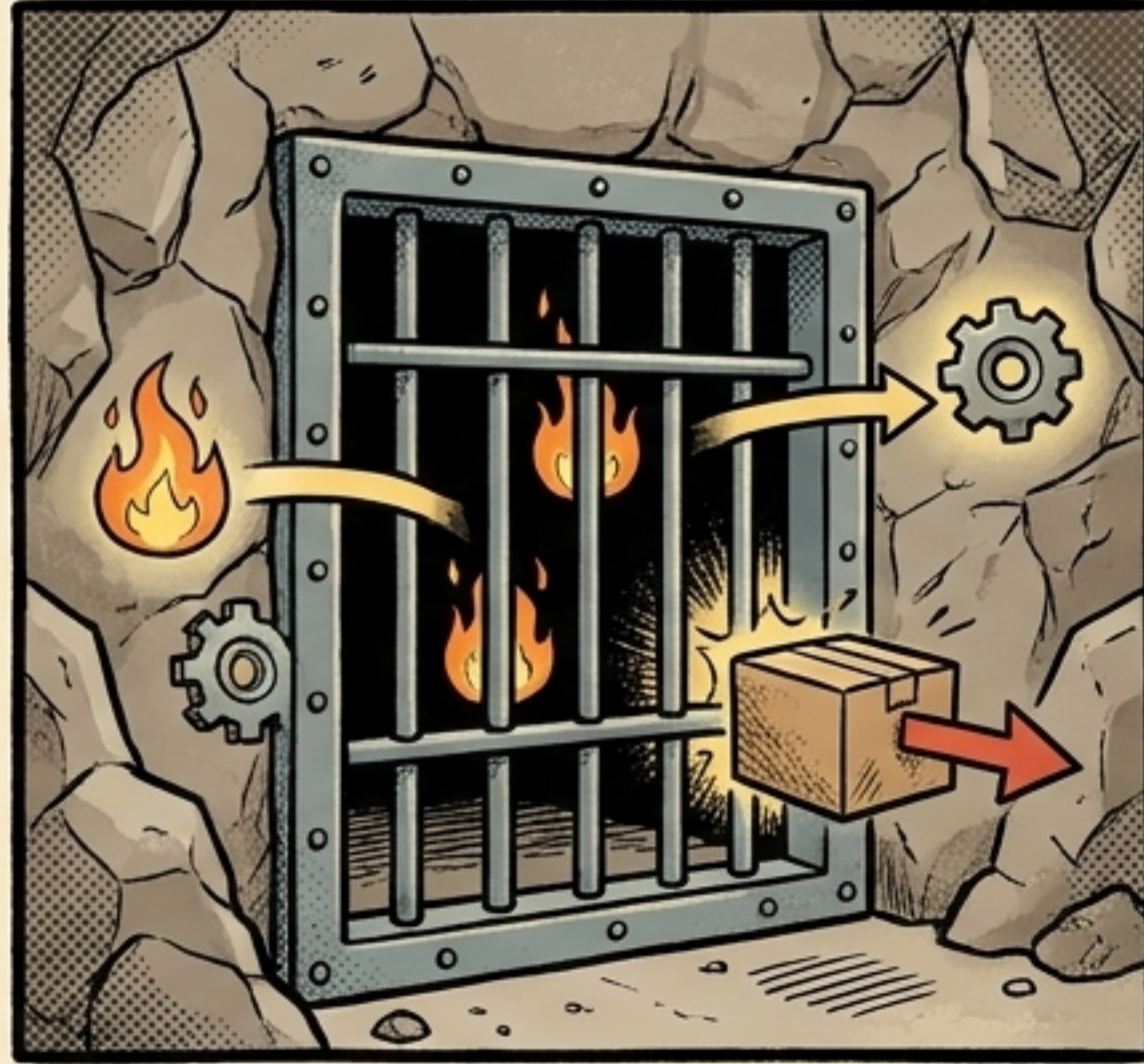


SISTEMA AISLADO

**Ej: Termo perfecto.*

Masa: **NO** cruza.

Energía: **NO** cruza.

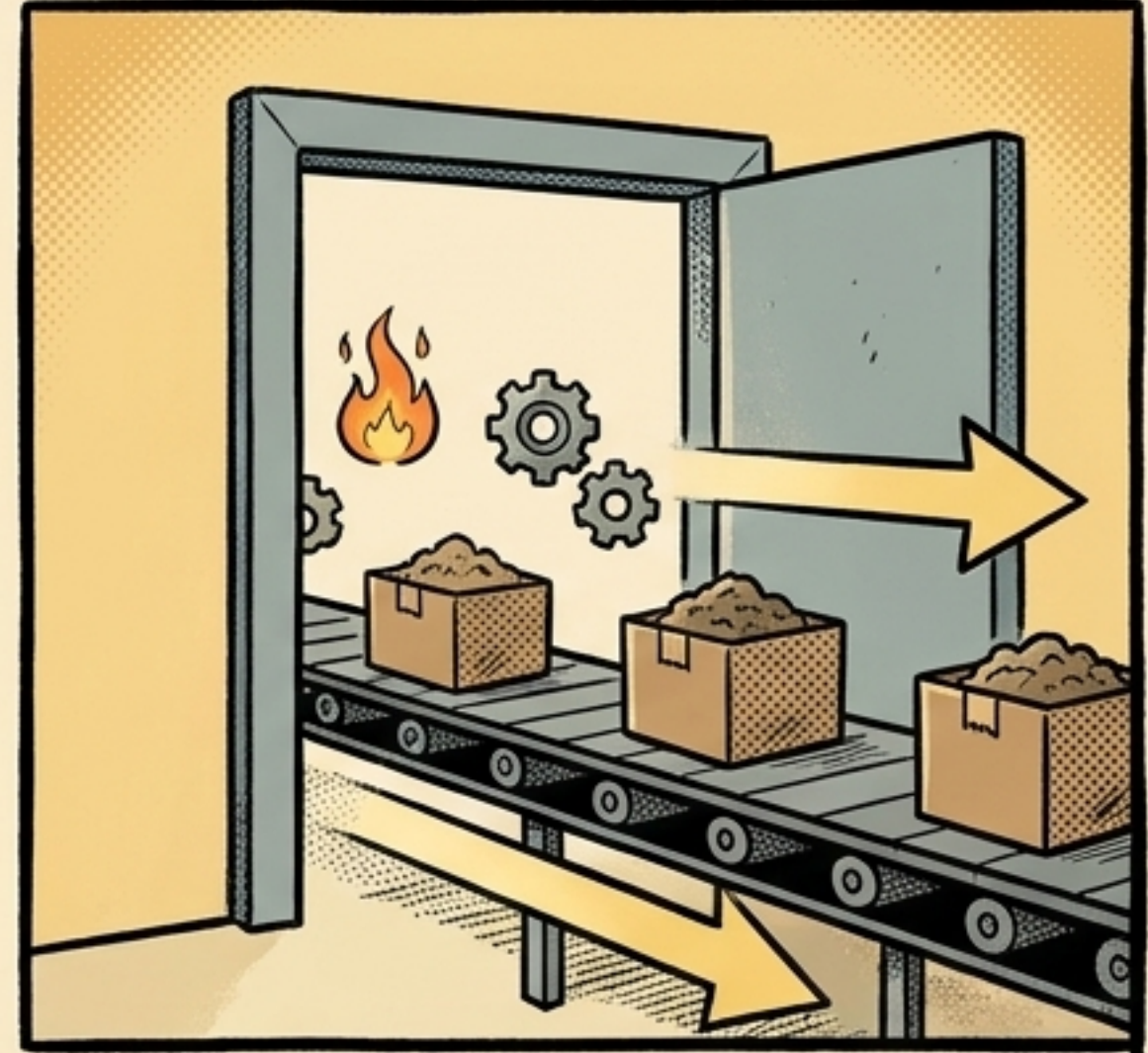


SISTEMA CERRADO

**Ej: Olla a presión.*

Masa: **NO** cruza.

Energía: **SÍ** cruza (Calor / Trabajo).



SISTEMA ABIERTO

**Ej: Bombas, Turbinas.*

Masa: **SÍ** cruza.

Energía: **SÍ** cruza.

EL BALANCE BANCARIO DE LA ENERGÍA

Ahorros (Propiedades del Sistema)



Pertenece al sistema.
Se mide sumando:

1. **Energía Interna (U):**
El caos microscópico de las moléculas.
2. **Energía Cinética (Ek):**
Movimiento masivo.
3. **Energía Potencial (Ep):**
Altura y gravedad.

$$E = U + E_k + E_p$$

Transferencias (Energía en Tránsito)



Solo aparece cuando
cruza la frontera de
nuestro sistema.

1. **Calor (Q):** Cruza **EXCLUSIVAMENTE** por una diferencia de temperatura.
2. **Trabajo (W):** Cruza por cualquier otra fuerza (ejes rotatorios, pistones).

Frontera

AUDITORÍA DE SISTEMAS CERRADOS

La Ecuación del Cilindro-Pistón



Como la masa no escapa, el balance se resume a la energía interna (U) y lo que cruza la frontera (Q y W).



$$\Delta U = Q - W$$

Donde: ΔU = Cambio de Energía Interna.
Q = Calor transferido HACIA el sistema.
W = Trabajo realizado POR el sistema.

ENTALPÍA (H): EL COSTO DE MOVER LA MASA



+



=



La Energía Interna (U)

+

El Trabajo de Flujo (Pv)

=

ENTALPÍA (H)

$$H = U + Pv$$

Entalpía = (Energía Interna) + (Presión × Volumen Específico)

Nota del Operario: Al hacer balances en tuberías y sistemas continuos, usamos la Entalpía (H) en lugar de U para incluir automáticamente el trabajo de flujo.

LA 2DA LEY: EL CAOS INEVITABLE (ENTROPÍA)

Ecuación de Clausius:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} + S_{\text{generada}}$$

- Q/T : Entropía transferida con el calor.
- S_{generada} : Entropía creada por irreversibilidades (fricción, turbulencia).
- LA REGLA DE ORO: S_{generada} SIEMPRE es ≥ 0 . NUNCA puede ser negativa.

MONSTRUO DE FRICCIÓN
(IRREVERSIBILIDAD)

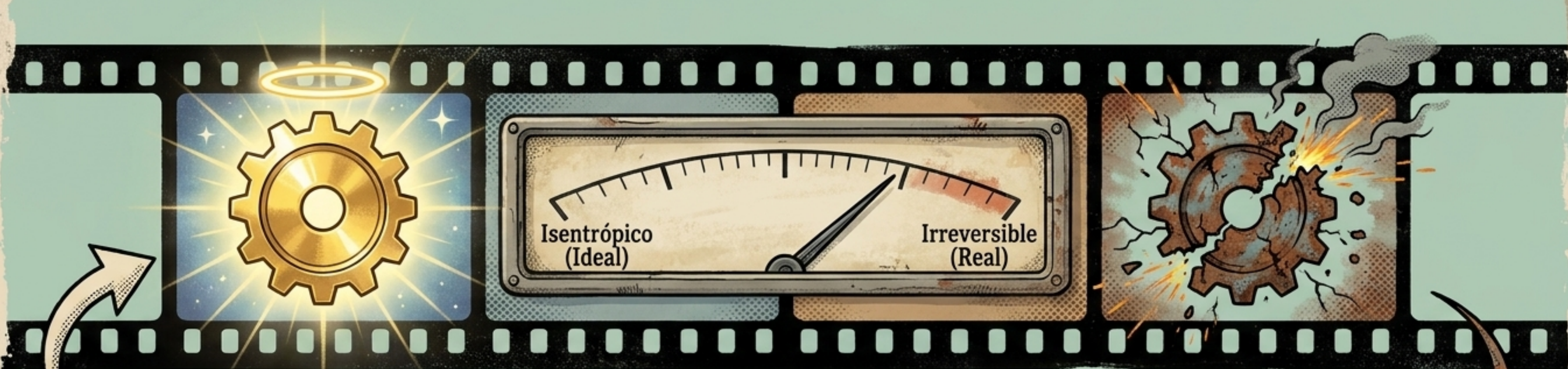
GENERACIÓN
DE ENTROPÍA

CALOR
DESPERDICIAO

La 1ra Ley cuadra la caja, pero la 2da Ley nos da un golpe de realidad: La energía pierde calidad. En cada proceso real hay fricción, turbulencia y caídas de presión. Esto genera desorden.



EL ESPECTRO DE LA PERFECCIÓN



EL IDEAL: PROCESO ISENTRÓPICO

- La perfección matemática.
- No hay fricción, no hay pérdidas de calor (adiabático).
- Entropía de entrada = Entropía de salida.
- $s_1 = s_2$

Nota: No existe en la realidad,
pero es la meta de diseño.

LA REALIDAD: PROCESO IRREVERSIBLE

- El mundo real de la fábrica.
- Fricción mecánica, pérdida de presión, mezcla de fluidos.
- La entropía SIEMPRE aumenta.
- $s_2 > s_1$

EL BATALLÓN DE MÁQUINAS

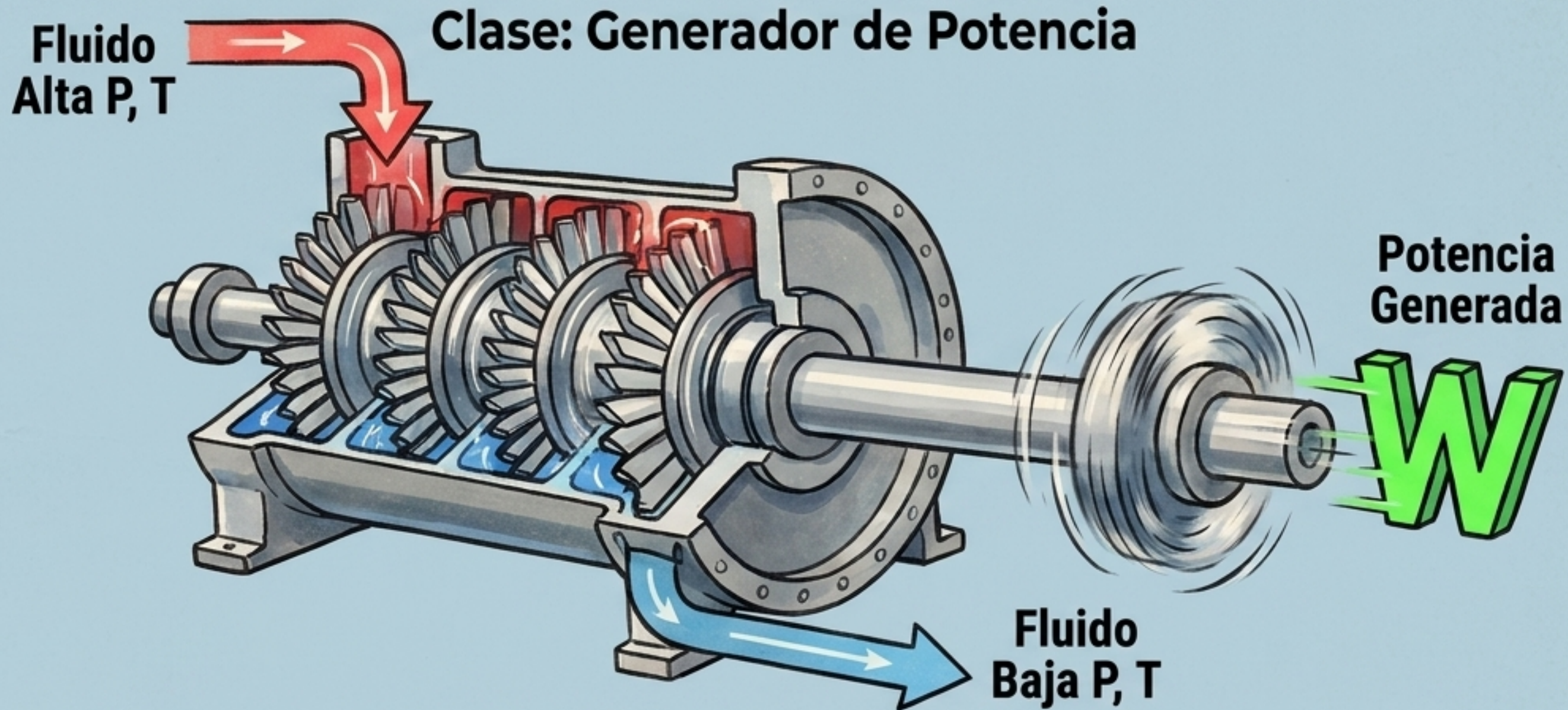
Sistemas Abiertos de Flujo Estacionario



Ahora que conocemos las reglas del Universo, veamos cómo operan nuestras máquinas.

Aquí la energía fluye constantemente. No hay acumulación de masa, ¡solo transformación de Entalpía en Trabajo!

TARJETA #1: LA TURBINA



SUPERPODER:

Expande un fluido a alta presión para generar giro en un eje. ¡Produce trabajo mecánico útil (+W)!

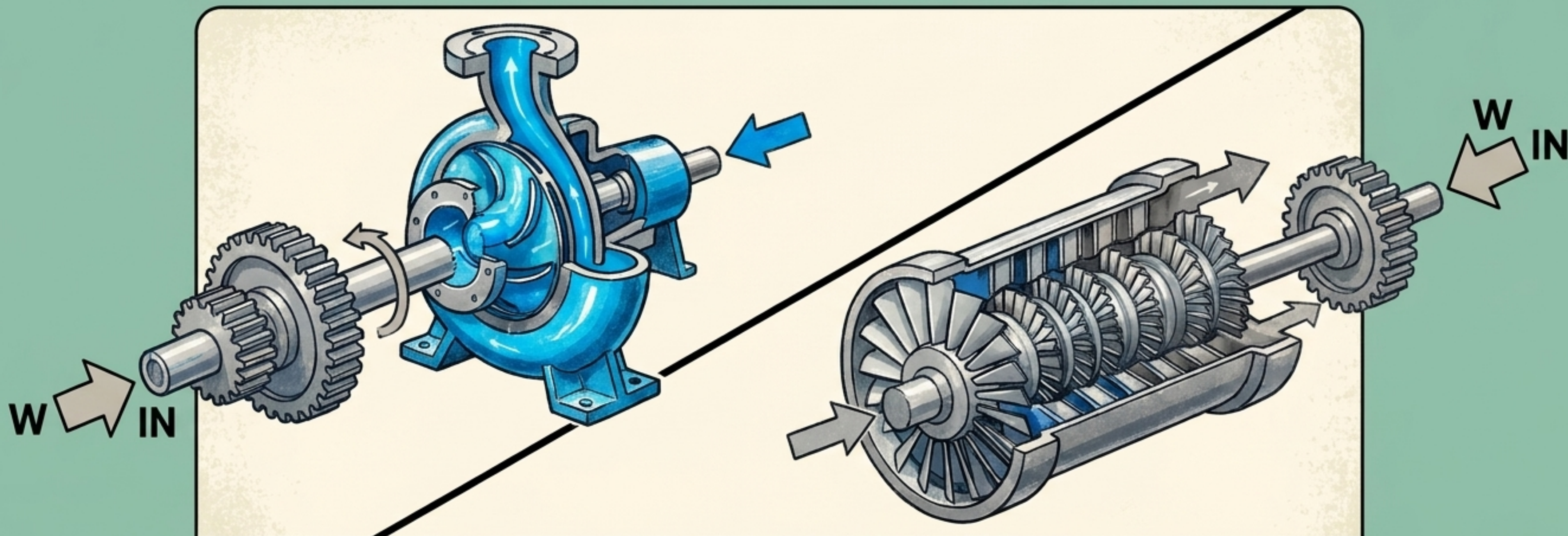
KRYPTONITA:

Fricción en los álabes (2da Ley). El trabajo real siempre será **MENOR** que el ideal isentrópico.

$$\text{Balance de Energía: } W_{\text{producido}} = m(h_{\text{entrada}} - h_{\text{salida}})$$

TARJETA #2: BOMBAS Y COMPRESORES

Clase: Consumidores de Trabajo



SUPERPODER: Elevan la presión de un fluido. **Bombas** para líquidos incompresibles; **Compresores** para gases.

EL PRECIO A PAGAR: Requieren que la fábrica les inyecte trabajo externo continuo desde un motor. Consume trabajo (-W).

Balance de Energía (Adiabático): $W_{\text{requerido}} = m(h_{\text{salida}} - h_{\text{entrada}})$

TARJETA #3: LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO

Clase: Controlador y Expansor

$$\cancel{Q=0}$$

$$\cancel{W=0}$$



SUPERPODER:

Provoca una caída drástica de presión forzando el fluido por un muy estrecho. ¡No usa partes móviles!

EL SECRETO (Proceso Isentálpico):

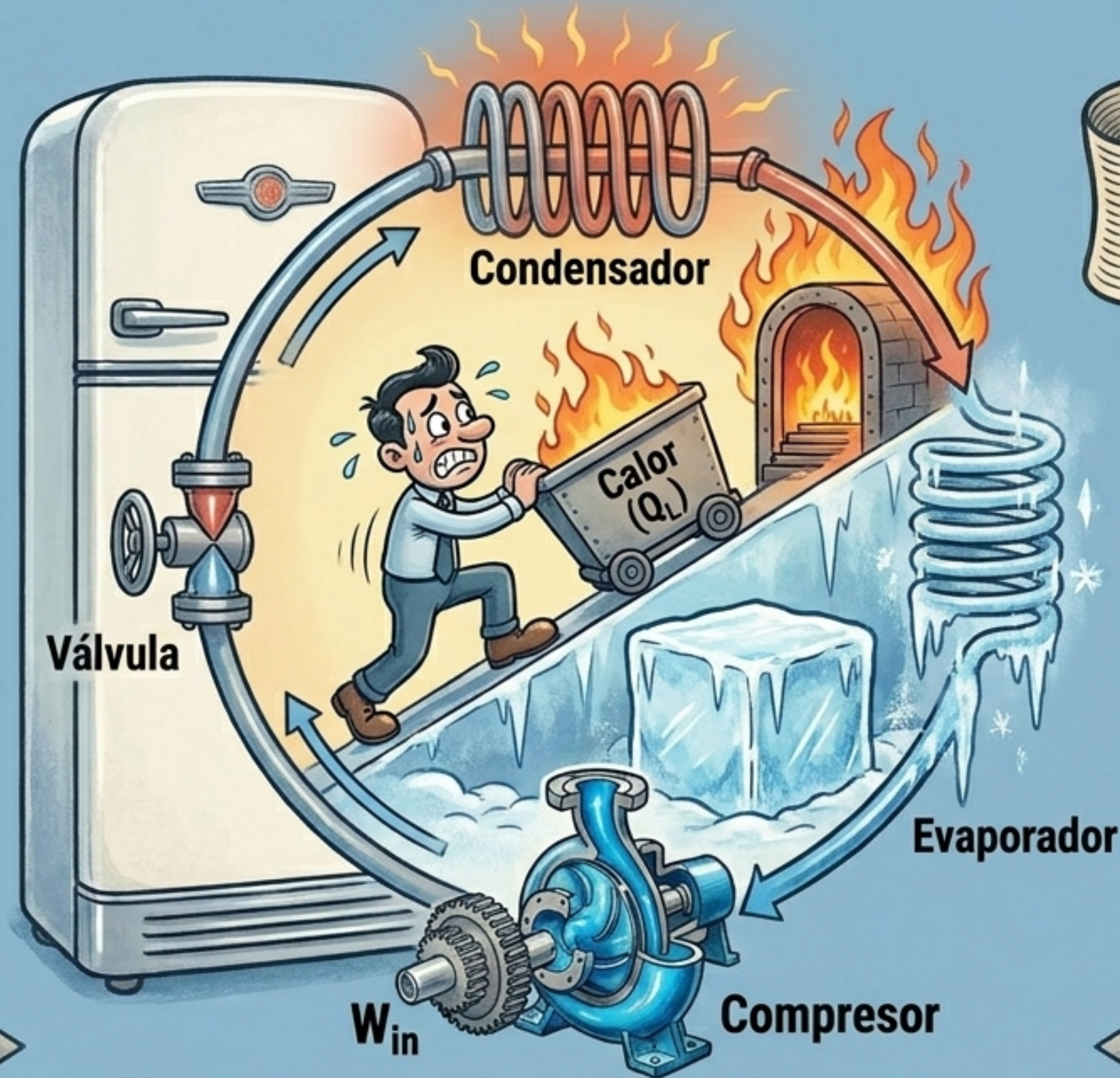
No realiza trabajo ni transfiere calor. La energía total se mantiene. $h_1 = h_2$

EL LADO OSCURO:

Es un proceso altamente irreversible. Crea cantidad masiva de **Entropía** (S_{generada} **alta**).

EL TRUCO DE MAGIA: EL REFRIGERADOR

El calor fluye naturalmente de caliente a frío. Para obligarlo a ir cuesta arriba, tenemos que pagar con **Trabajo mecánico** (Compresor).



El COP (Coeficiente de Desempeño)

- No usamos **Eficiencia térmica** porque el valor puede ser mayor al 100%.

$$\text{COP} = \frac{\text{Lo que queremos (Frío extraído)}}{\text{Lo que nos cuesta (Trabajo del compresor)}}$$

EL PLANO MAESTRO DEL OPERARIO

1ra Ley:
Conservación



2da Ley:
Degradación

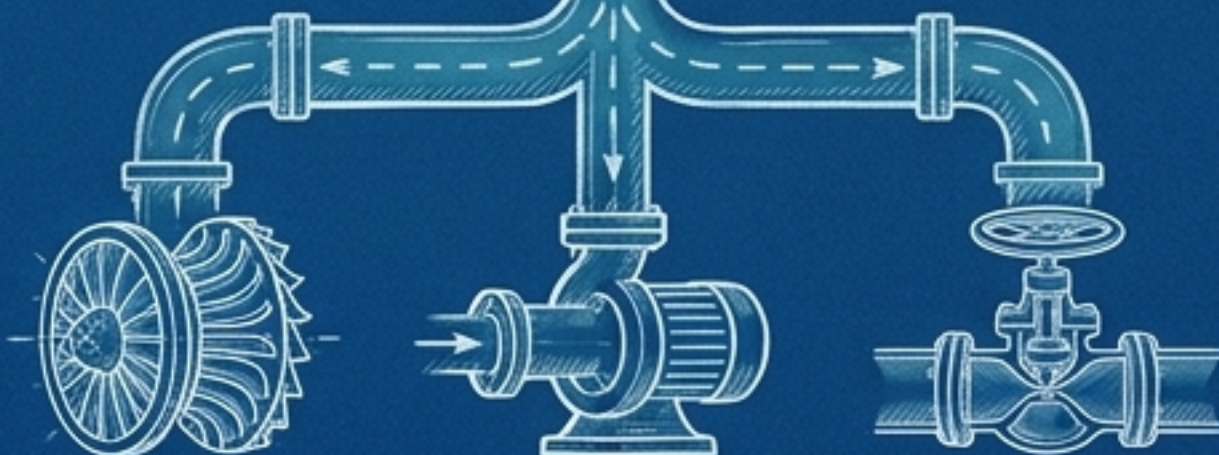


$$\Delta E = Q - W$$

Sistemas
Cerrados (ΔU)



Sistemas Abiertos
(ΔH)



+W

-W

$\Delta h = 0$

Legenda

Contabilidad (1ra Ley): Usa la Energía Interna (U) para tanques cerrados y la Entalpía (H) para tuberías abiertas.

Impuestos (2da Ley): La Entropía siempre crece. Lo isentrópico es nuestro sueño; la irreversibilidad es nuestra realidad.

Operaciones: Diseñamos Turbinas para extraer energía y Compresores para inyectarla, siempre buscando minimizar la furia de la Entropía.