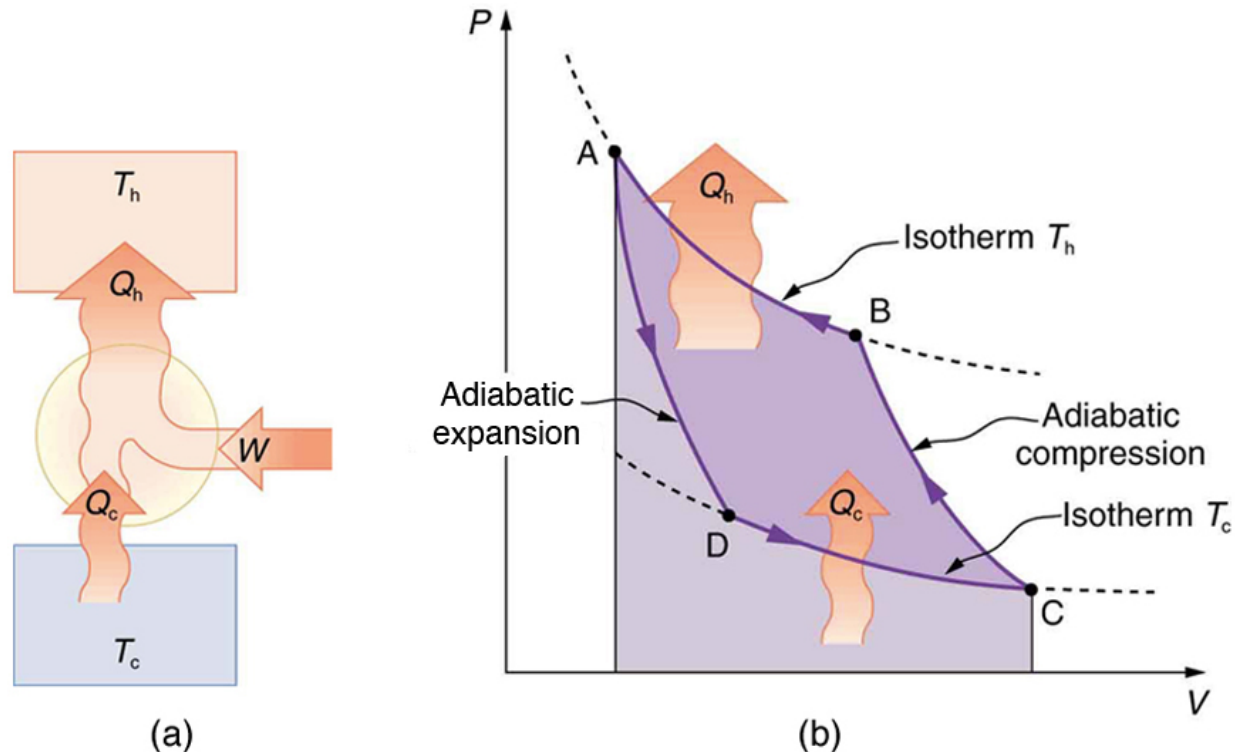


Clase 13

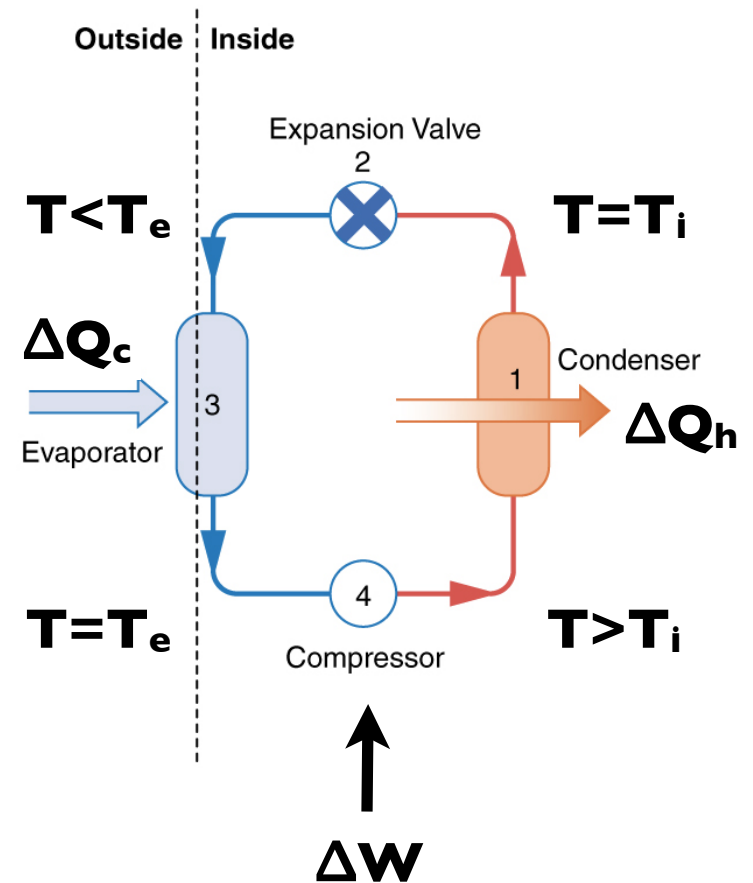
Bomba de Calor, Refrigerador y Aire Acondicionado



- Podemos invertir el ciclo de un motor termodinámico para **extraer calor desde una reserva fría y liberar calor hacia una reserva caliente**. Por ejemplo, si seguimos el ciclo de Carnot en la dirección opuesta **el trabajo total es positivo**, por lo tanto en un ciclo de este tipo se requiere hacer trabajo sobre el sistema. Este es el principio de funcionamiento de **refrigeradores, bombas de calor para calefacción y aires acondicionados**.

Bomba de Calor

- Una bomba de calor se usa típicamente para propósitos de calefacción, pero puede utilizarse también para refrigeración.
- Consiste en un circuito cerrado por el cual fluye una sustancia refrigerante. Si el uso es calefacción, la transferencia de calor sucede desde una reserva fría (el exterior con T_e) hacia el refrigerante en el circuito y luego desde el refrigerante hacia una reserva caliente (el interior con T_i). Esto requiere que el refrigerante esté a $T < T_e$ cuando pasa por el exterior y a $T > T_i$ cuando pasa por el interior.

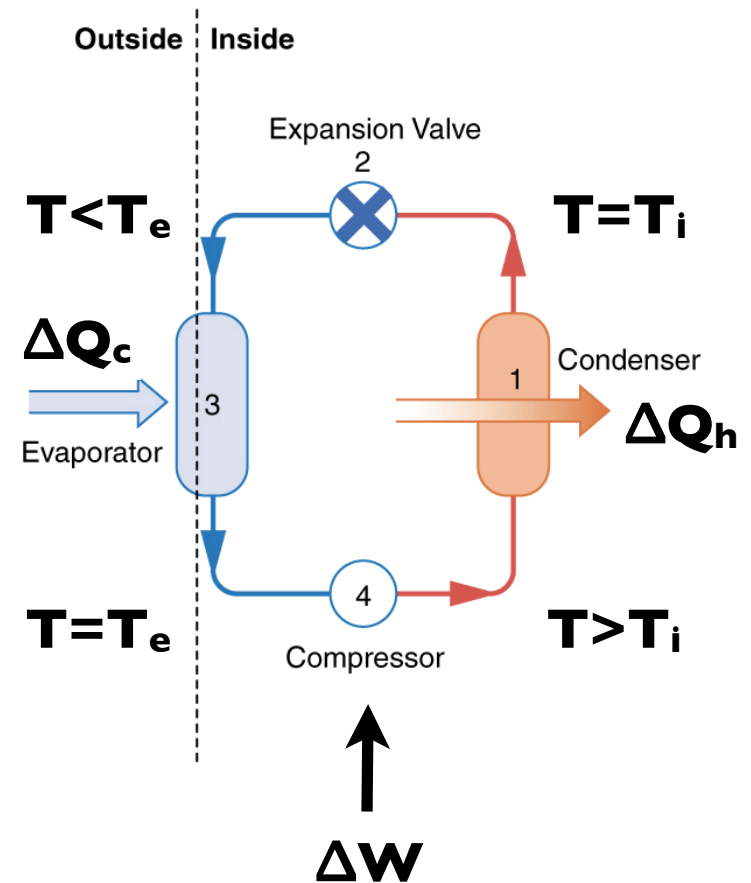


Bomba de Calor

- Para lograr estas diferencias de temperatura el refrigerante pasa por cuatro componentes que cambian su temperatura y en algunos casos su fase (líquido a gas y viceversa):

I - Condensador: Recibe refrigerante en forma de gas con $T > T_i$ y lo enfría a $T = T_i$ condensándolo a una fase líquida por medio de una transferencia de calor $\Delta Q_h < 0$ hacia el interior.

II - Válvula de Expansión: Recibe refrigerante líquido con $T = T_i$ y lo enfría aún más por medio de una disminución de presión, de modo que transmite hacia la parte exterior del circuito refrigerante con $T < T_e < T_i$.

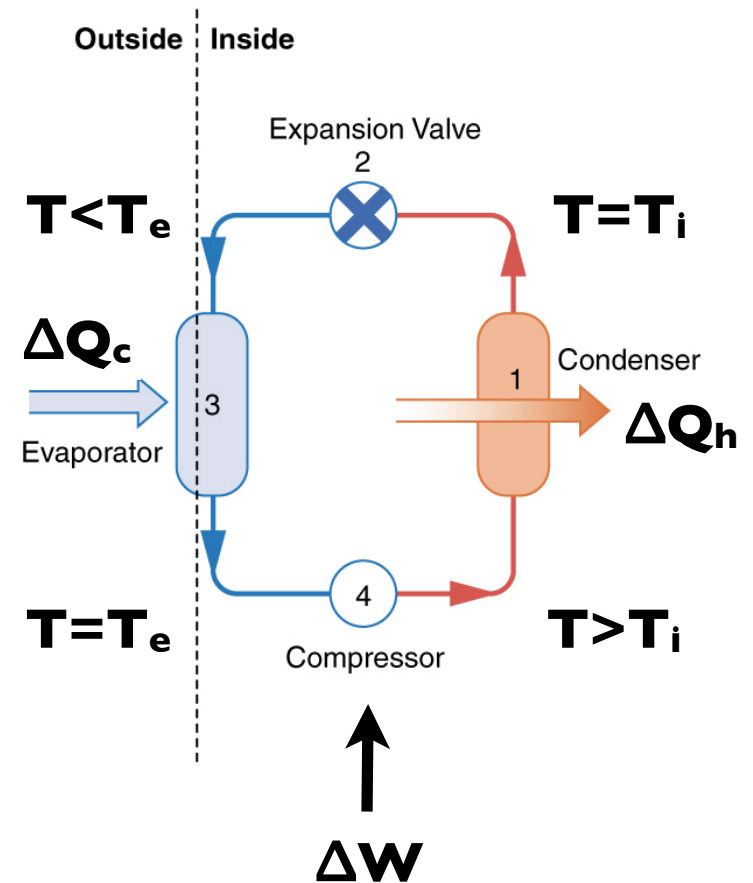


Bomba de Calor

III - Evaporador: Recibe refrigerante líquido con $T < T_e$ y lo calienta a $T = T_e$ evaporándolo a una fase gaseosa por medio de una transferencia de calor $\Delta Q_c > 0$ desde el exterior.

IV - Compresor: Recibe refrigerante gaseoso con $T = T_e$ y lo calienta por medio de una compresión que requiere hacer un trabajo $\Delta W > 0$ sobre el sistema. El compresor envía refrigerante a $T > T_i$ hacia el condensador.

La ventaja de una bomba de calor es que transmite una cantidad de energía mayor a la que se gasta ($\Delta Q_h = \Delta W + \Delta Q_c$).



Bomba de Calor

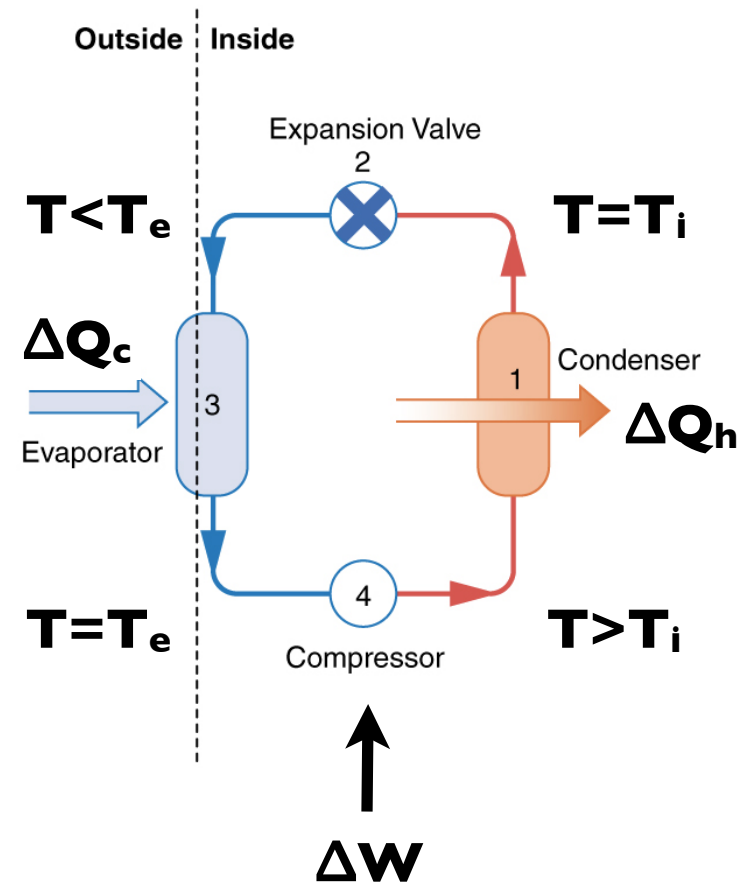
- Que tan bien funciona una bomba de calor se mide usando el **coeficiente de rendimiento** (**COP_{bc}**, “coefficient of performance”).

$$COP_{bc} = \frac{\Delta Q_h}{\Delta W} = \frac{1}{\eta}$$

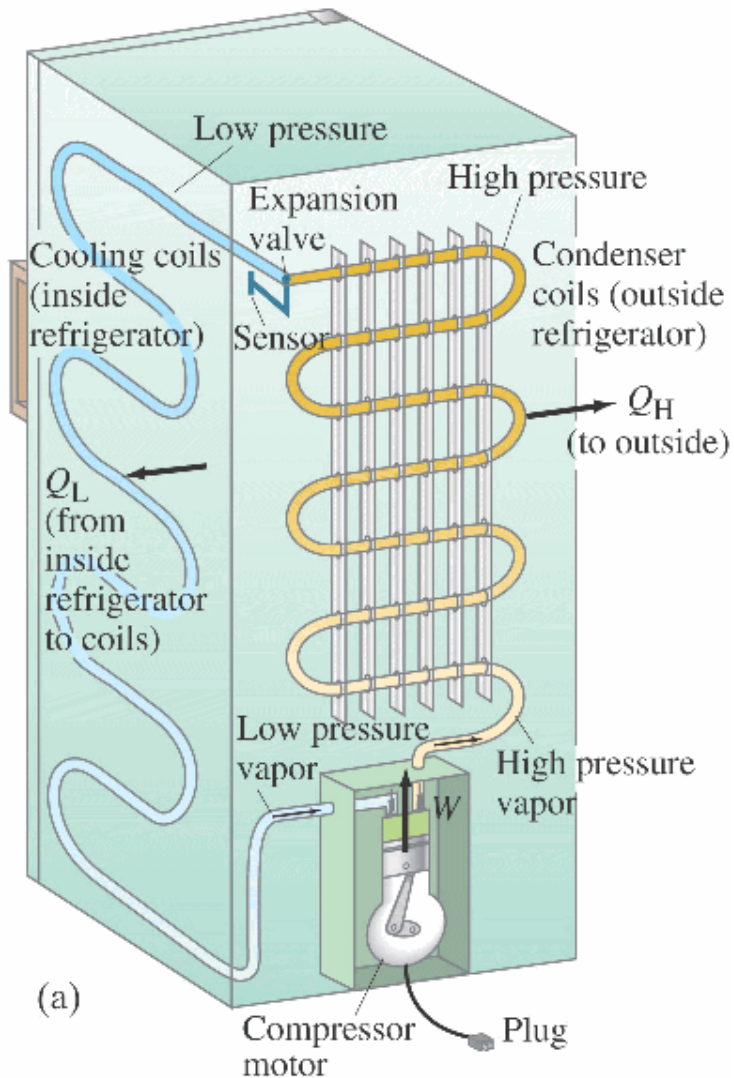
- Donde η es la eficiencia del motor termodinámico asociado al ciclo invertido. Esto significa que **COP_{bc} > 1** y que el rendimiento de una bomba de calor es mayor si la diferencia de temperatura (**T_i - T_e**) es menor.

- Las bombas de calor reales usadas para calefacción tienen aproximadamente:

$$2 < COP_{bc} < 4$$



Refrigeradores y Aires Acondicionados

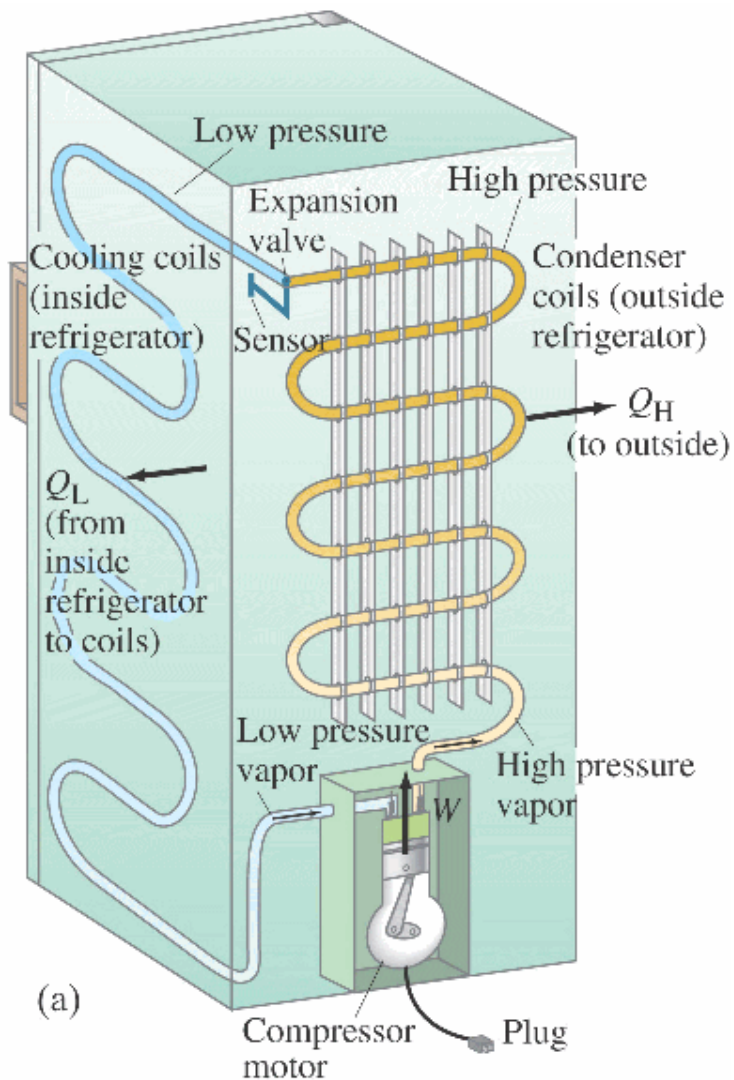


- Una bomba de calor puede ser usada para refrigerar si invertimos el “exterior” por el “interior”. En este caso el calor ΔQ_c se extrae de un interior frío y se libera el calor ΔQ_h hacia el exterior que está a una temperatura más alta. Este es el principio de operación de refrigeradores y aires acondicionados.

- El rendimiento de un refrigerador se mide usando un **coeficiente de rendimiento** distinto ya que lo que importa es el calor extraído y no el liberado:

$$COP_{ref} = \frac{\Delta Q_c}{\Delta W}$$

Refrigeradores y Aires Acondicionados



- $\Delta Q_h = \Delta W + \Delta Q_c$ implica que dado un mismo diferencial de temperatura entonces :

$$\text{COP}_{\text{ref}} < \text{COP}_{\text{bc}}$$

- Pero los refrigeradores típicamente funcionan con diferenciales de temperatura menores que las bombas de calor usadas para calefacción, por lo tanto tienen COP más altos. Refrigeradores reales tienen coeficientes de rendimiento de

$$2 < \text{COP}_{\text{ref}} < 6$$

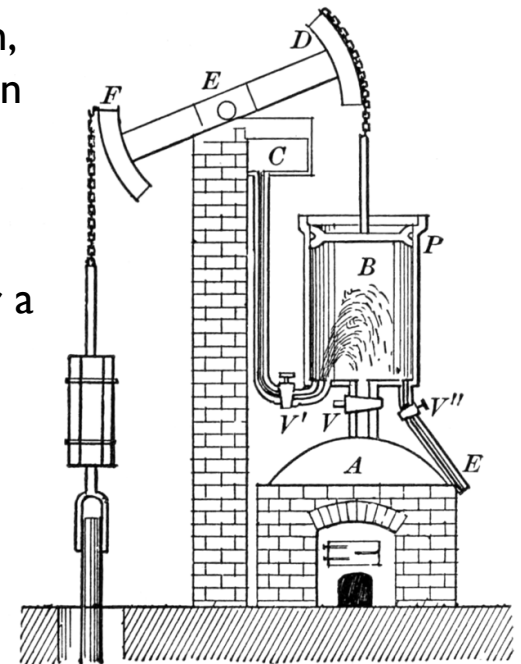
Motores a Vapor

- Un motor a vapor es un **motor de combustión externa** en el cual el **sistema** que hace trabajo es **vapor de agua**. El calor proviene de una fuente externa al sistema (e.g. combustión de carbón en una caldera). El sistema hace trabajo mecánico por medio de su acción sobre un pistón o una turbina.



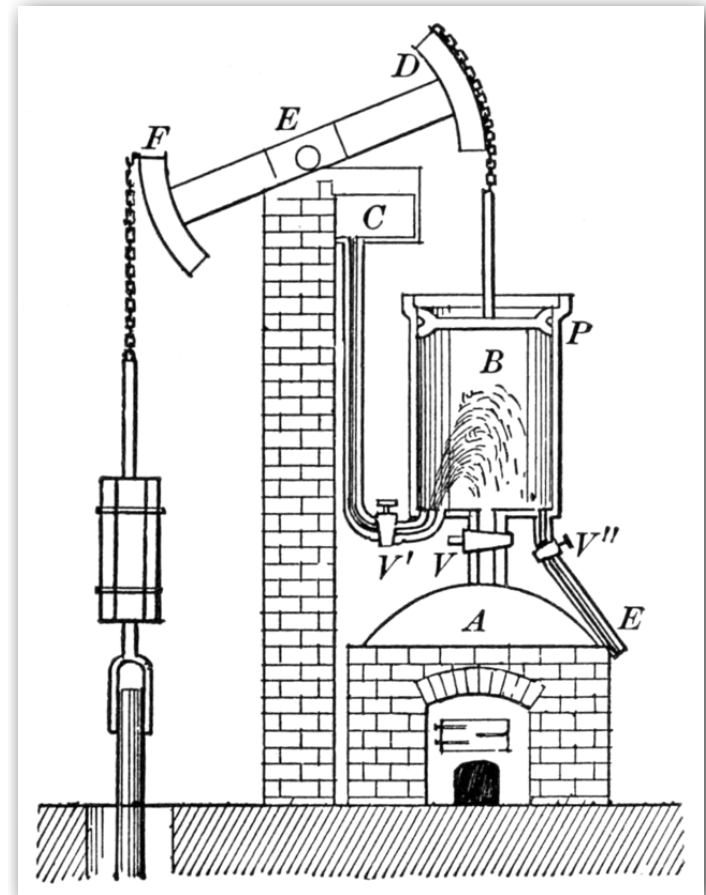
Historia

- Aelópilo: Descrito por **Hero de Alejandría** en el siglo I DC . Su funcionamiento se basa en el principio de acción y reacción.
- En el siglo XVII hay varios esfuerzos por construir motores basados en el uso de vapor (Jerónimo Ayanz y Beaumont, Thomas Savery)
- En 1712 **Thomas Newcomen** inventa el primer motor a vapor industrial basado en el uso de un pistón. Se utilizó principalmente para bombear agua en operaciones mineras. Condensaba vapor a baja presión para crear un vacío que movía un pistón sellado.
- En 1781 **James Watt** agrega un condensador al motor de Newcomen, sacando la fase de enfriamiento del pistón y aumentando la eficiencia en más de un factor 2, y también agregando un sistema de rotación continua.
- En 1800-1801 **Richard Trevithick** y **Oliver Evans** introducen el motor a vapor a alta presión, en el que la presión del vapor empuja un pistón. Esta es la base de los motores modernos.
- En 1884 **Sir Charles Parsons** inventa la turbina a vapor, la cual es la base para toda la generación eléctrica (nuclear y termoeléctrica) hoy en día.



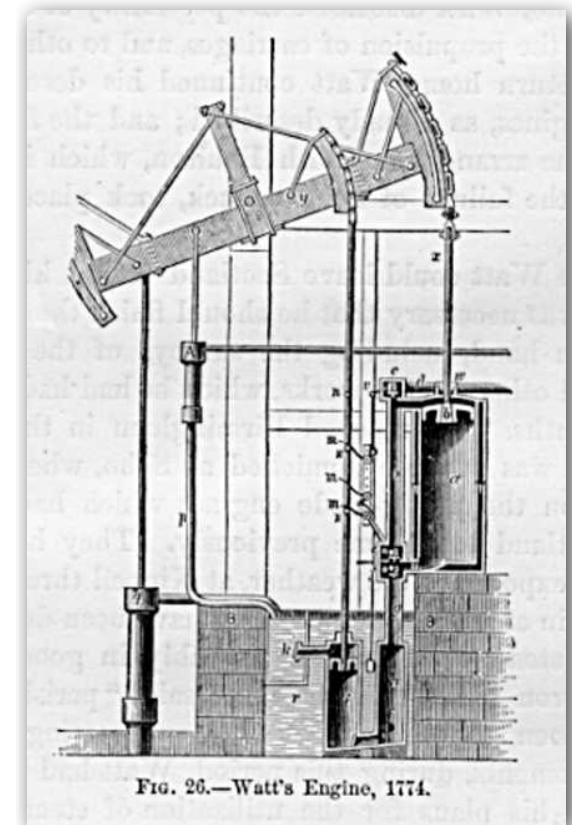
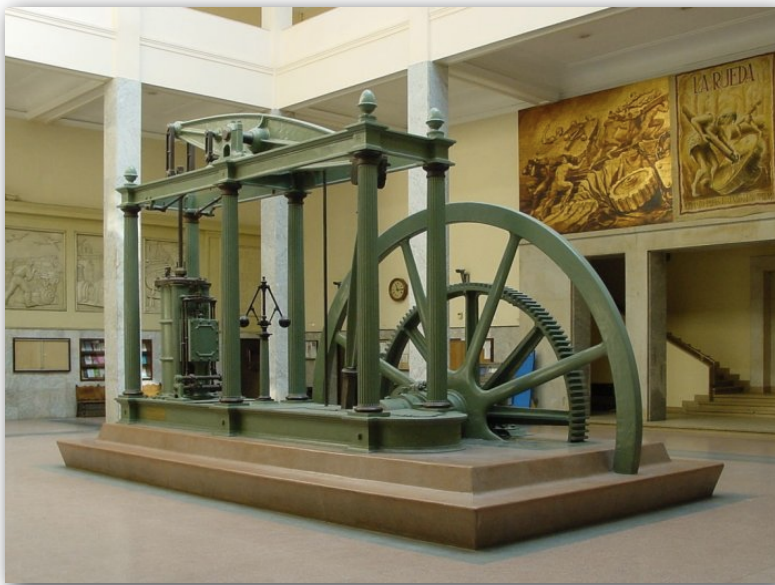
El Motor de Newcomen o “Motor Atmosférico”

- Consistía en un pistón conectado a una caldera de la cual se admitía vapor y a un estanque de agua del cual se admitía agua fría a alta presión. El pistón estaba conectado a un sistema de bombeo por medio de un brazo balanceado.
- En reposo el pistón estaba arriba debido al contrapeso. Se abría la válvula de admisión y el cilindro se llenaba de vapor. Luego se abría la válvula de admisión del estanque y un spray de agua fría condensaba el vapor produciendo un vacío que hacía bajar el pistón.
- El motor transformaba el calor producido por combustión en la caldera en trabajo mecánico.



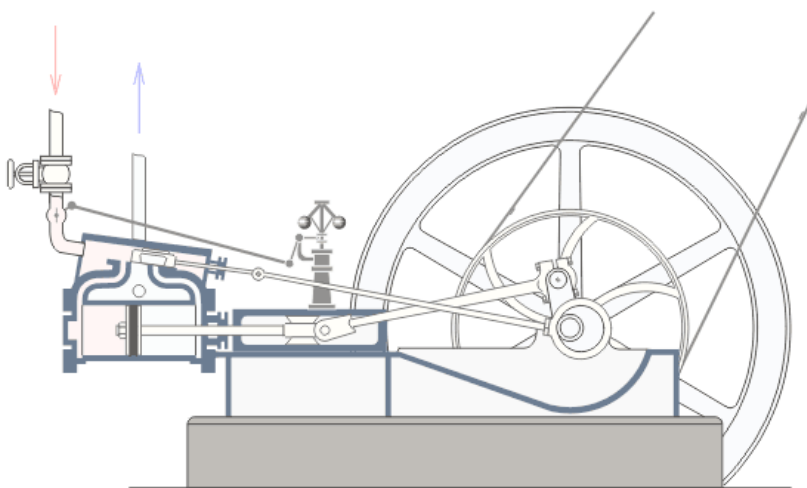
El Motor de Watt

- Watt modificó el diseño de Newcomen incorporando un condensador externo al pistón en el cual el vapor se enfriaba y condensaba. Esto evitaba que el pistón y el cilindro tuvieran que enfriarse durante el ciclo, disminuyendo la temperatura de la fuente fría y aumentando la eficiencia al doble.
- Watt también inventó un sistema de movimiento rotacional continuo, aumentando los usos del motor a vapor.



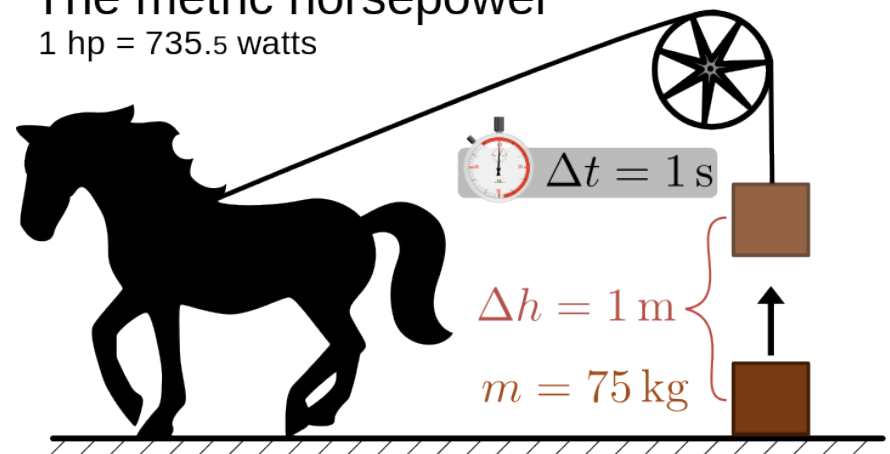
Motores a Vapor de Alta Presión

- Trevithick y Oliver diseñaron sistemas que utilizaban vapor a alta presión para empujar un pistón, en vez de vacío para dejar que la presión atmosférica lo empujara. Esto permitió miniaturizar el motor a vapor, utilizarlo para aplicaciones de transporte, y aumentar el trabajo producido por un motor de tamaño más moderado.
- En alrededor de 100 años el trabajo que se podía generar con motores a vapor pasó de 1 hp (1 Horsepower = 1 caballo de fuerza = 746 W) en el motor de Newcomen a 10000 hp en los motores de vapor a alta presión.



The metric horsepower

1 hp = 735.5 watts



Turbinas a Vapor

- Una turbina reemplaza al pistón como el componente que transforma el trabajo de expansión del vapor en trabajo mecánico utilizable. Utiliza la expansión del vapor al pasar entre series de aspas fijas y móviles para hacer rotar el eje que sostiene las aspas móviles. Son muy eficientes y producen movimiento rotacional de manera directa (menos disipación en sistemas mecánicos de transmisión).
- Son la forma en la que se genera el 90% de la electricidad hoy en día en plantas termoeléctricas.

