PRUEBA PILOTO ETIQUETADO DE VIVIENDAS

CURSO DE CERTIFICADORES

Salta, 2019

MÓDULO II

FUNDAMENTOS BÁSICOS

II | FUNDAMENTOS BÁSICOS

1. DEFINICIONES BÁSICAS

   Energía. Trabajo. Potencia. Ejemplo práctico.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

   Termodinámica. Sistema termodinámico. Variables macroscópicas. Variables de estado. Equilibrio. Energía interna. Temperatura. Calor. Relación entre calor y temperatura. Calor latente y calor sensible. Principio cero de la termodinámica. Primer principio de la termodinámica: Principio de la conservación de la energía. Segundo principio de la termodinámica: Principio de degradación de la energía. Aplicación a una vivienda.

   Calefactores o calderas: proceso de combustión. Aire acondicionado modo calor. Aire acondicionado modo frío. COP y rendimientos.

3. TRANSFERENCIA DE CALOR

   Definición. Modos de transferencia. Conducción. Convección. Radiación. Aplicación a una pared.

4. RADIACIÓN SOLAR

   Conceptos básicos. Tipos de radiación. Irradiancia e irradiación. Irradiancia sobre una superficie orientada. Integración con conceptos de transferencia de calor. Aplicación a una pared y un elemento transparente.

DEFINICIONES BÁSICAS

DEFINICIONES BÁSICAS

ENERGÍA

Es la magnitud física asociada a la posibilidad de cambiar de estado un sistema.

Existen diferentes formas de energía:

- ✓ Energía mecánica (cinética o potencial)
- ✓ Energía térmica (calor)
- ✓ Energía química
- ✓ Energía solar
- ✓ Energía eléctrica
- ✓ Energía nuclear (fusión o fisión nuclear)

DEFINICIONES BÁSICAS

ENERGÍA

CONVERSIÓN DE UNIDADES

	J	kWh	TEP	cal	BTU
J	1	278.10^{-9}	24.10^{-12}	0,24	$0,95.10^{-3}$
kWh	$3,6.10^{6}$	1	$0,086.10^{-3}$	$0,86.10^{6}$	3412,14
TEP	$41,868.10^{9}$	11.630	1	$10.10^{9.}$	$39,7.10^{6}$
cal	4,1868	$1,163.10^{-6}$	$0,1.10^{-9}$	1	$3,97.10^{-3}$
BTU	1.055,06	$0,29.10^{-3}$	$25,2.10^{-9}$	252	1

- Una caloría es la cantidad de calor necesario para elevar de 14,5ºC a 15,5ºC la temperatura de 1g de agua destilada a presión de 1atm.
- La tonelada equivalente de petróleo (TEP) es la energía obtenida de la combustión de 1000kg de petróleo (es una unidad aproximada debido a las distintas calidades del mismo).

DEFINICIONES BÁSICAS

ENERGÍA

El origen de todas las formas de energía, a excepción de la mareomotriz, geotérmica y nuclear, es o ha sido el Sol…

FUENTES DE ENERGÍA

NO RENOVABLES

- *Recursos fósiles (carbón, petróleo, gas)*
- *Uranio (energía nuclear)*

RENOVABLES

- ***Solar***
- *Eólica*
- *Hídrica*
- *Biomasa*
- *Geotérmica, mareomotriz*

VECTORES ENERGÉTICOS

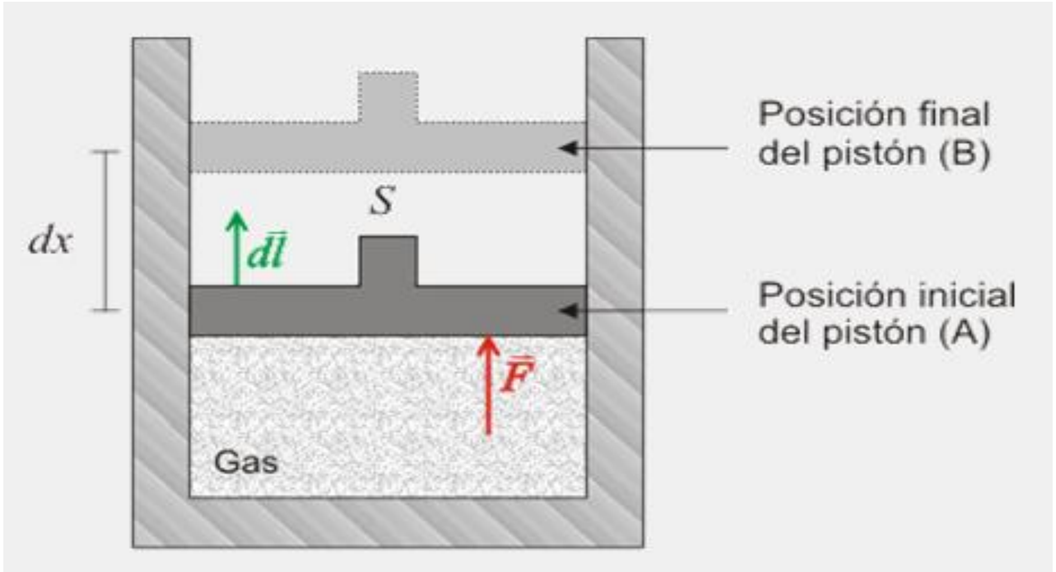
- *Energía eléctrica*
- *Hidrógeno*
- *Combustibles/Biocombustibles*
- *Baterías, etc.*

DEFINICIONES BÁSICAS

TRABAJO Y POTENCIA

El ***TRABAJO*** que realiza una fuerza $(\vec{F})$ que actúa sobre un cuerpo para alterar su estado de movimiento, provocando un diferencial de desplazamiento $(\overrightarrow{dr})$, se calcula como:

$$W = \vec{F}.\,\overrightarrow{dr}\ [J]$$



La ***POTENCIA*** es la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo $[W]$.

DEFINICIONES BÁSICAS



EJEMPLO PRÁCTICO

¿Cuánta energía eléctrica consume una lámpara encendida durante un tiempo dado?

$$Energía\ [kWh] = Potencia\ [kW]\ x\ Tiempo\ [h]$$



Si mantenemos encendida una ***lámpara incandescente*** de $\mathbf{60\ W,\ 1\ h/día}$ durante un año:

$$60\ W\ x\ 365\ días\ x\ 1\ h/día = 21.900\ Wh = 21{,}9\ kWh$$



Si mantenemos encendida la misma lámpara, $\mathbf{1\ hs/día}$ durante un año:

$$60\ W\ x\ 365\ días\ x\ 6\ h/día = 60\ W\ x\ 2190\ h = 131.400\ Wh = 131{,}4\ kWh$$

DEFINICIONES BÁSICAS



EJEMPLO PRÁCTICO

¿Cuánta energía eléctrica consume una lámpara encendida durante un tiempo dado?

$$Energía\ [kWh] = Potencia\ [kW]\ x\ Tiempo\ [h]$$



Si mantenemos encendida una ***lámpara led*** de $\mathbf{8\ W, 6\ h/día}$ durante un año:

$$8\ W\ x\ 365\ días\ x\ 6\ h/día = 8\ W\ x\ 2190\ h = 17.520\ Wh = 17{,}52\ kWh$$



CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

TERMODINÁMICA

Es una ciencia fenomenológica (experimental) basada en ciertos principios (Leyes de la Termodinámica) que son generalizaciones tomadas de la experiencia. Estas leyes definen cómo tienen lugar las transformaciones de energía.

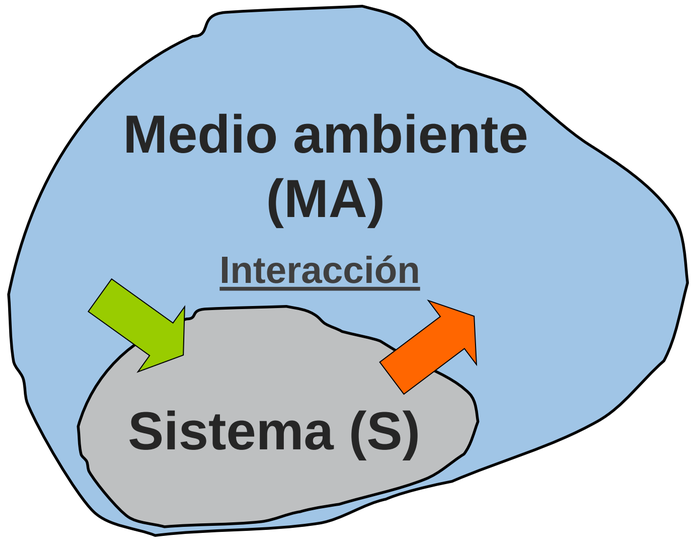
Es una la ciencia que ***estudia la energía y sus transformaciones***. Específicamente, ***estudia los cambios que se producen en el estado de un sistema como consecuencia de la transferencia de energía entre el mismo y su entorno***.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SISTEMA TERMODINÁMICO

Es una porción del universo que es ***objeto de estudio***, delimitada por una superficie real o imaginaria.

Por ejemplo, el aire contenido dentro de un cilindro.



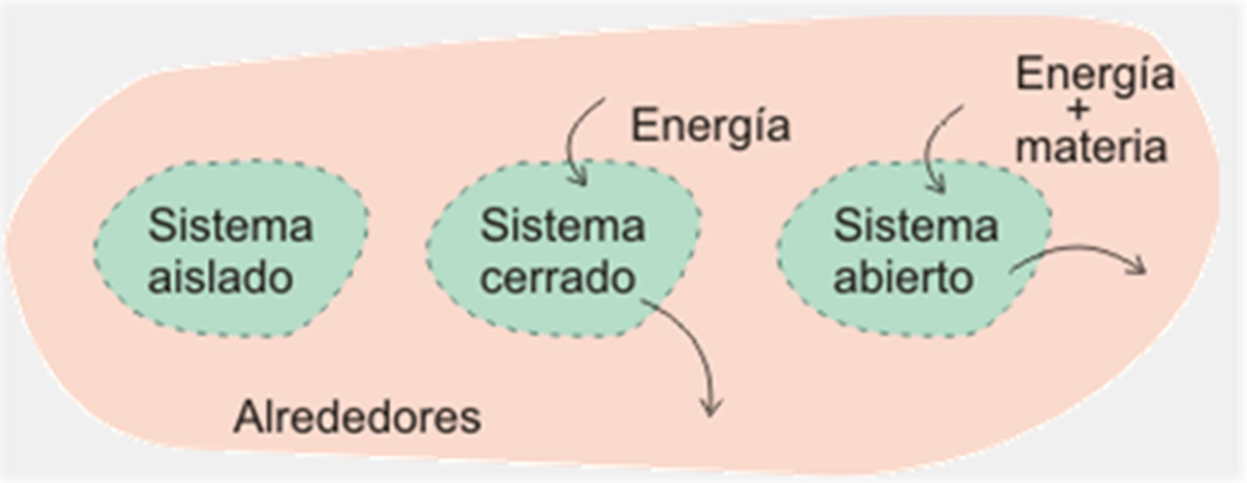
Universo= S+MA

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SISTEMA TERMODINÁMICO

Un sistema termodinámico puede ser:

- ✓ ***Abierto:*** puede intercambiar masa y/o energía con el exterior.
- ✓ ***Cerrado:*** puede cambiar solamente energía con el exterior.
- ✓ ***Aislado:*** no puede intercambiar ni masa ni energía con el exterior.



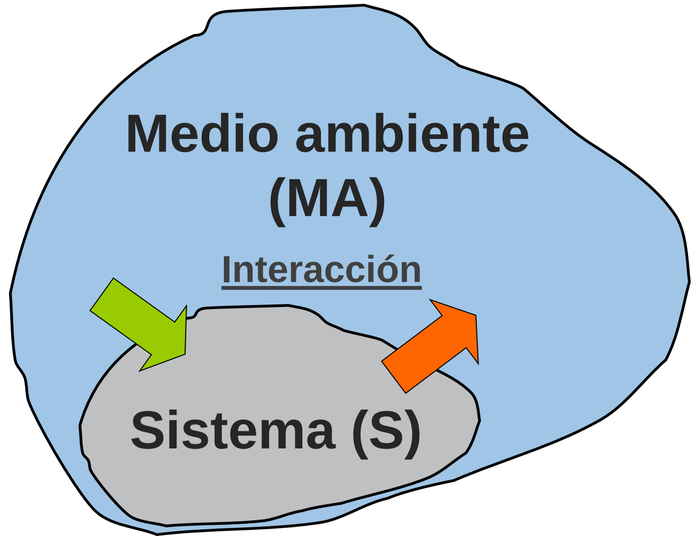
CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

VARIABLES MACROSCÓPICAS

La ***Termodinámica*** adopta una ***descripción macroscópica*** del sistema: no hace hipótesis sobre la estructura microscópica.

La descripción del sistema se hace mediante un conjunto de ***parámetros relevantes mensurables*** (propiedades medibles).

Por ejemplo, el aire contenido dentro de un cilindro: V, P, T, C (composición del gas).



Universo= S+MA

El conjunto de los valores numéricos de los parámetros relevantes en un instante dado definen el ***estado del sistema termodinámico***.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

VARIABLES DE ESTADO

Las variables termodinámicas o ***VARIABLES DE ESTADO*** son las magnitudes que se emplean para describir el estado de un sistema termodinámico.

Para un gas,

- ✓ Presión (P)
- ✓ Volumen (V)
- ✓ Temperatura (T)

Una ***FUNCIÓN DE ESTADO*** es una propiedad de un sistema termodinámico que depende del estado del sistema, y ***no depende del proceso que realiza el sistema para pasar de un estado a otro***.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

EQUILIBRIO

Cuando un sistema está aislado y se lo deja evolucionar a lo largo del tiempo, se observa que tanto la presión como la temperatura se mantienen constantes en todos los puntos del sistema. En esta situación, se dice que el sistema está en ***equilibrio termodinámico***.

Cuando un sistema no está aislado, el equilibrio termodinámico se define en relación con los alrededores del sistema. Para que un sistema esté en equilibrio, los valores de las variables que describen su estado deben tomar el mismo valor para el sistema y para sus alrededores.

El ***equilibrio térmico*** se logra cuando la temperatura del sistema es la misma que la del medio.

El ***equilibrio mecánico*** se logra cuando la presión del sistema es la misma que la del medio.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

ENERGÍA INTERNA

La ***ENERGÍA INTERNA (U)*** ***(función de estado)*** es la magnitud que designa la energía almacenada por un sistema de partículas. La energía interna es el resultado de la contribución de la energía cinética de las moléculas o átomos que lo constituyen, de sus energías de rotación, traslación y vibración, además de la energía potencial intermolecular debida a las fuerzas de interacción (electromagnético, nuclear).

$$U = E_{cinética} + E_{potencial}$$

La ***TEMPERATURA*** ***(variable de estado)*** es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico. Representa el grado de agitación promedio de las partículas que componen dicho sistema (energía cinética promedio de las moléculas).

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

CALOR

El ***CALOR*** es la energía transferida de un sistema a otro (o de un sistema a sus alrededores) debido a una diferencia de temperatura entre ellos.

El calor que absorbe o cede un sistema termodinámico no es una función de estado, ya que ***depende del proceso que realiza el sistema para pasar de un estado a otro***.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

RELACIÓN ENTRE CALOR Y TEMPERATURA: CALOR SENSIBLE

La expresión que relaciona la cantidad de calor que intercambia una masa (m) de una cierta sustancia con la variación de temperatura (Δt) que experimenta viene dada por:

$$Q = m\ c\ \Delta t$$

Siendo c el calor específico de dicha sustancia $[J/kgK]$.

La energía absorbida/cedida por el sistema se emplea en ***modificar la energía cinética*** de las moléculas que constituyen el sistema, modificándose la energía interna. Por ese motivo se modifica la temperatura del sistema.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

RELACIÓN ENTRE CALOR Y TEMPERATURA: CALOR LATENTE

Una sustancia pura se puede presentar ene estado sólido, líquido o gaseoso. Para cambiar de estado debe absorber o ceder energía.

En este caso, la energía se emplea para ***modificar la energía potencial*** de interacción y ***NO cambia la temperatura del sistema***.

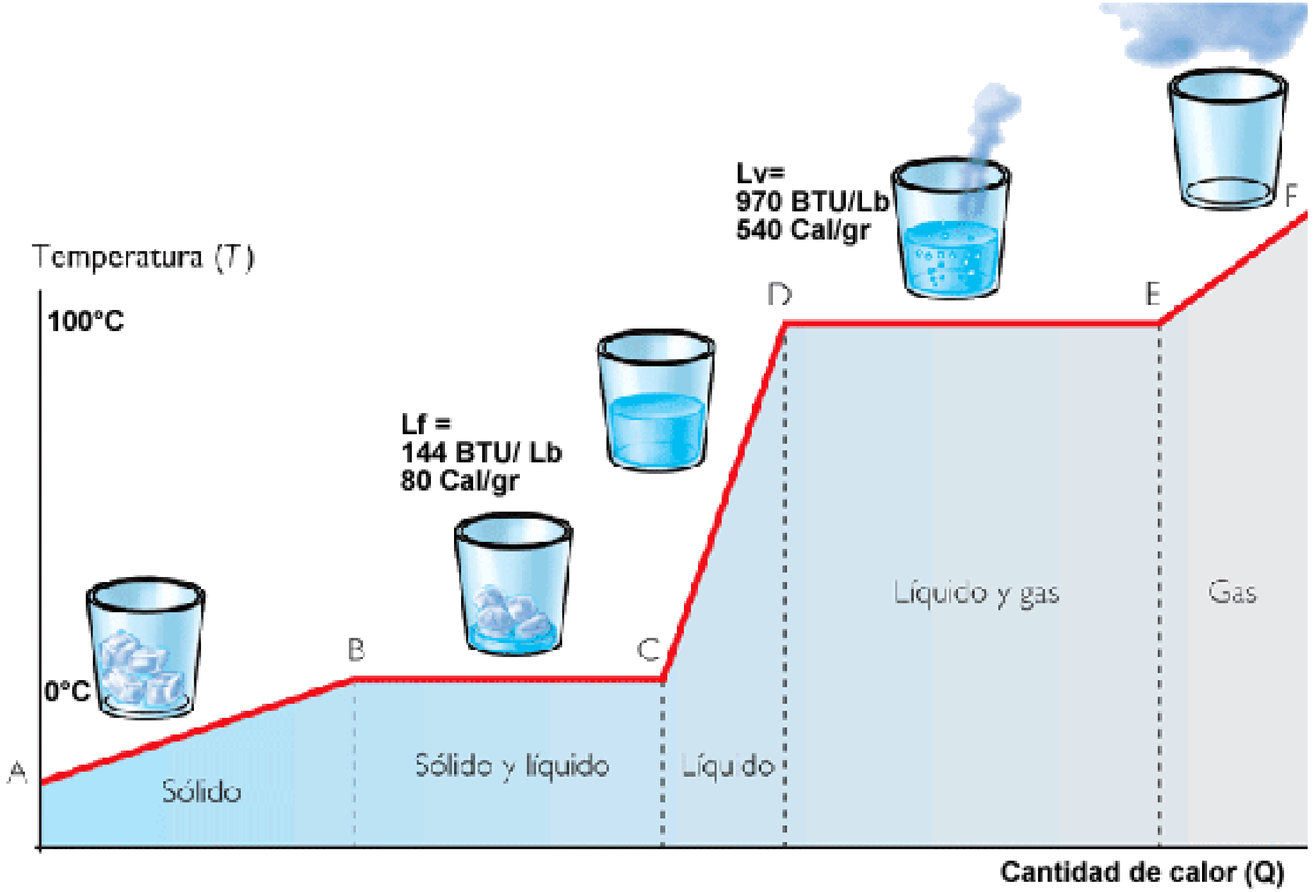


La cantidad de calor que absorbe o cede una cantidad m de sustancia para cambiar de fase viene dada por:

$$Q = m\,L$$

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

RELACIÓN ENTRE CALOR Y TEMPERATURA

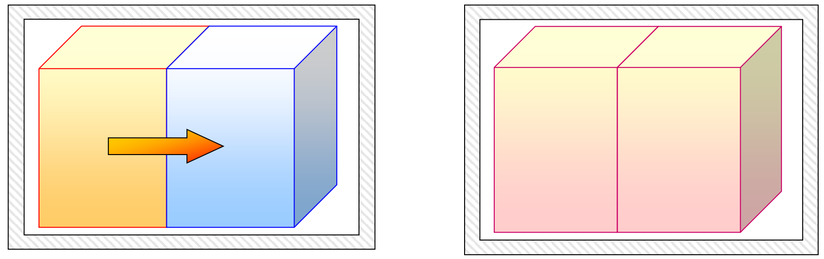


TEMPERATURA ABSOLUTA $T[Kelvin]$ $T\ [K] = 273{,}15 + t\ [^{o}C]$

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

EQUILIBRIO TERMICO

Dos o más cuerpos en contacto, que se encuentran a distinta temperatura, alcanzan pasado un tiempo el equilibrio térmico (misma temperatura).



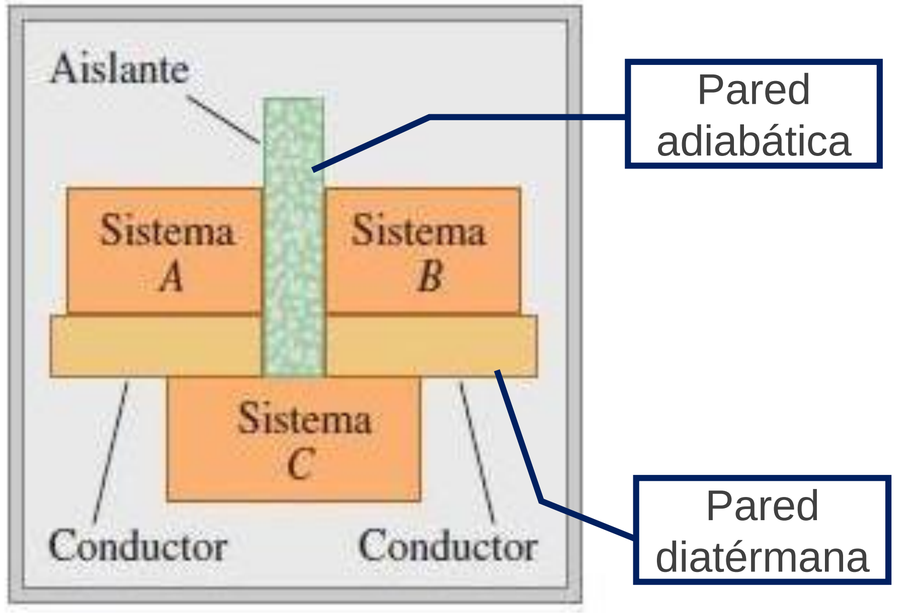
El cambio de temperatura de un cuerpo siempre está acompañado de un cambio en sus propiedades macroscópicas (volumen, resistencia eléctrica, color). Cuando cesan los cambios decimos que alcanzó el equilibrio térmico.



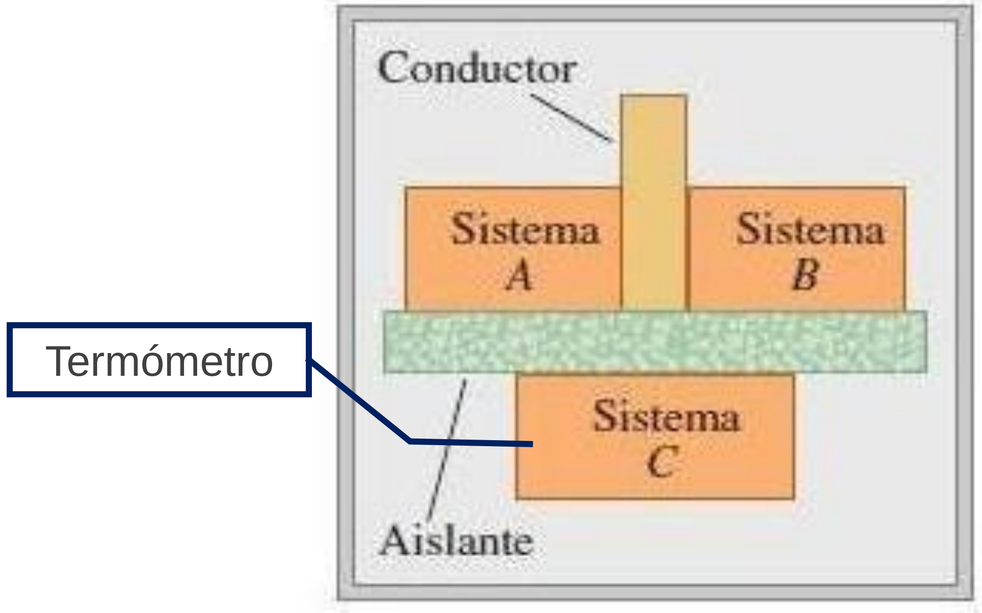
CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

PRINCIPIO CERO DE LA TERMODINÁMICA

Si dos sistemas están, por separado, en equilibrio térmico con un tercero, entonces están en equilibrio térmico entre sí. Dos sistemas están en equilibrio térmico si y sólo si tienen la misma temperatura.



A interactúa con C hasta alcanzar el equilibrio térmico
B interactúa con C hasta alcanzar el equilibrio térmico



Si luego A y B interactúan, NO se produce ningún cambio en sus propiedades macroscópicas

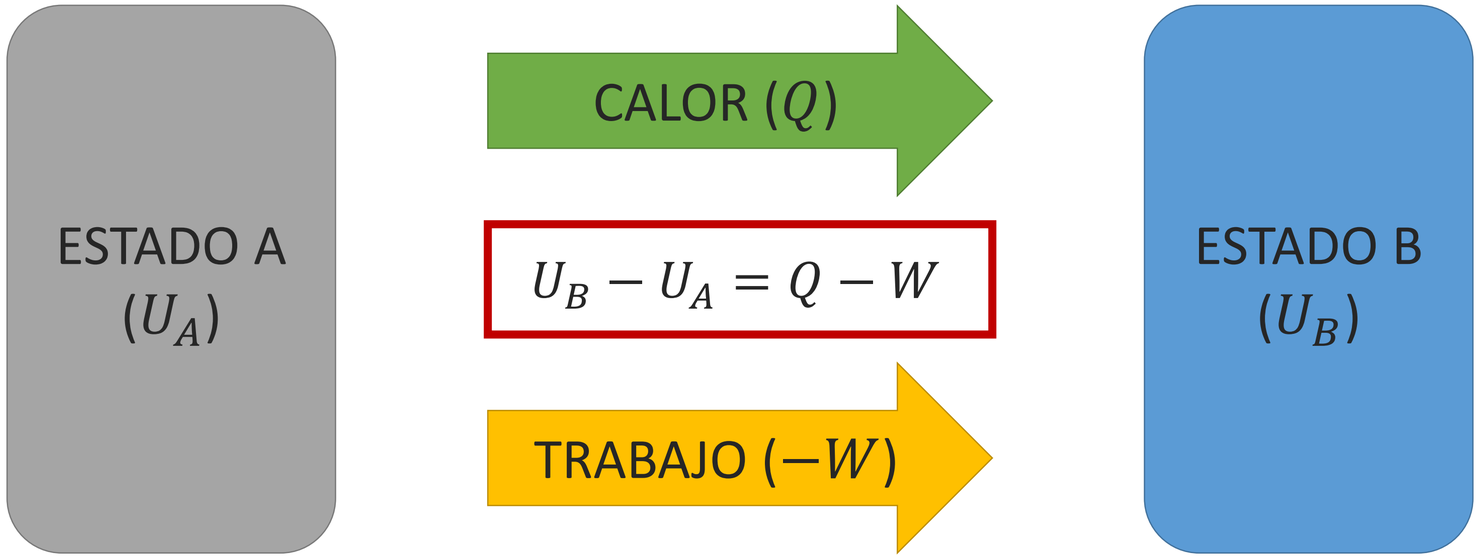
[1]

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

¿Cómo intercambia energía un sistema termodinámico con el medio ambiente?

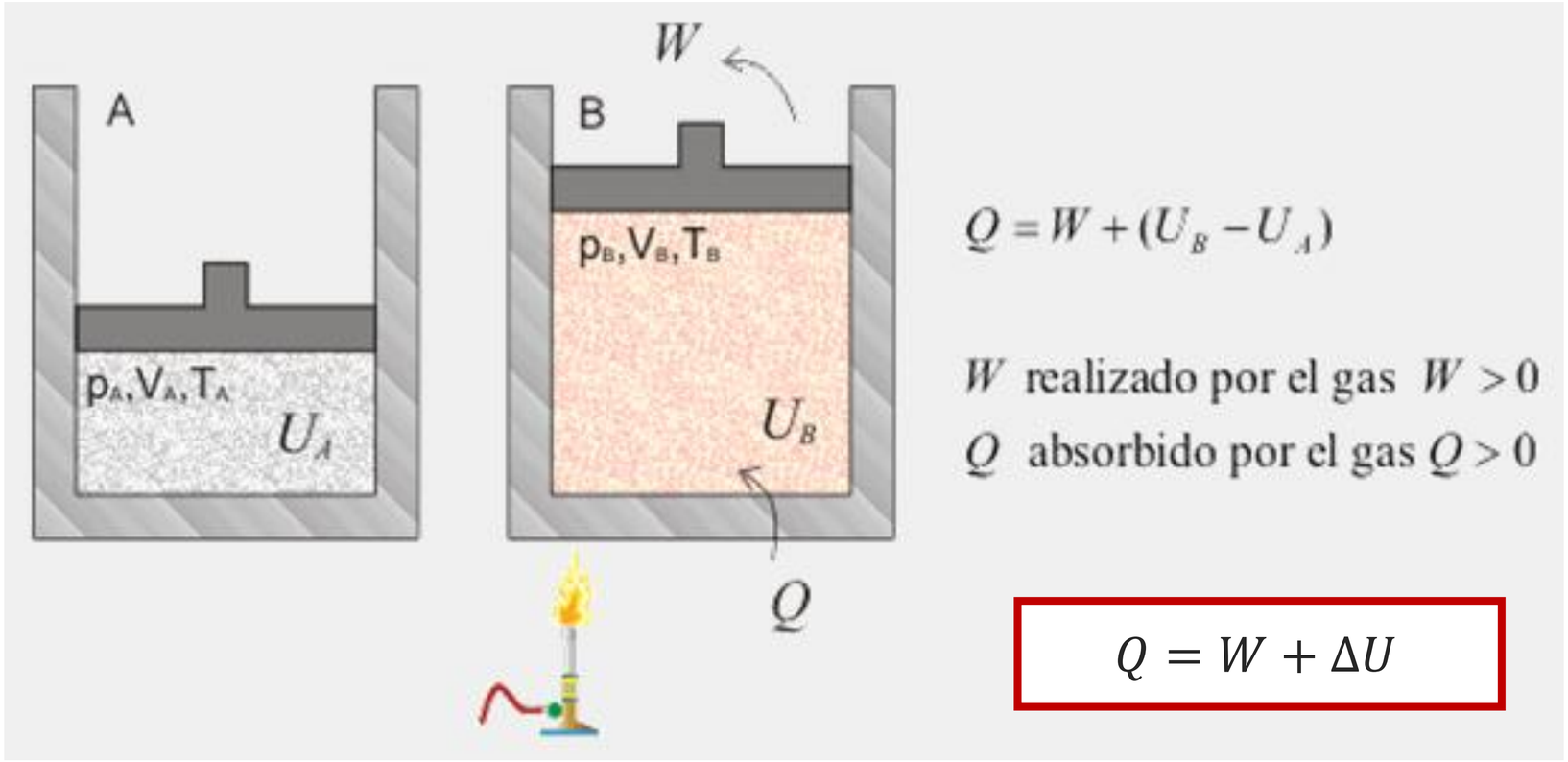
Un sistema termodinámico puede intercambiar energía con el medio en forma de trabajo y de calor, y también almacenar energía interna. Un sistema aislado, conserva su energía como energía interna.



CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA



$$Q = W + (U_B - U_A)$$

W realizado por el gas $W > 0$

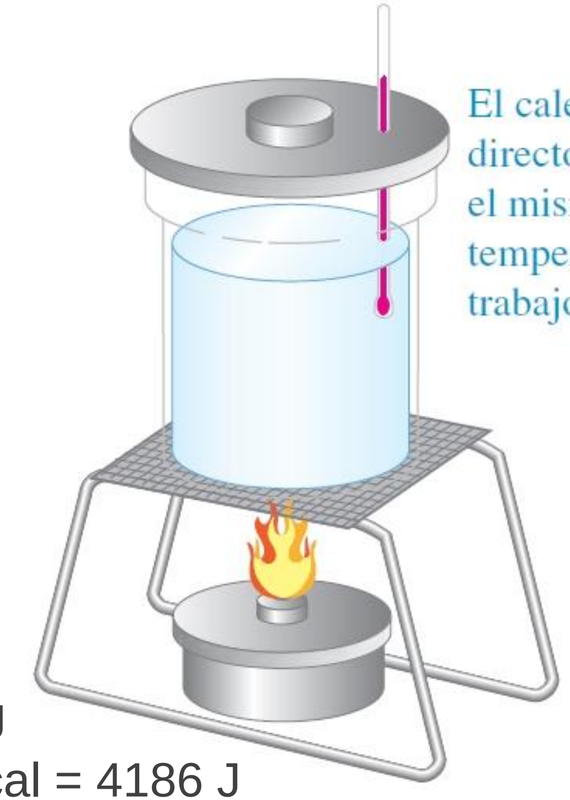
Q absorbido por el gas $Q > 0$

$$Q = W + \Delta U$$

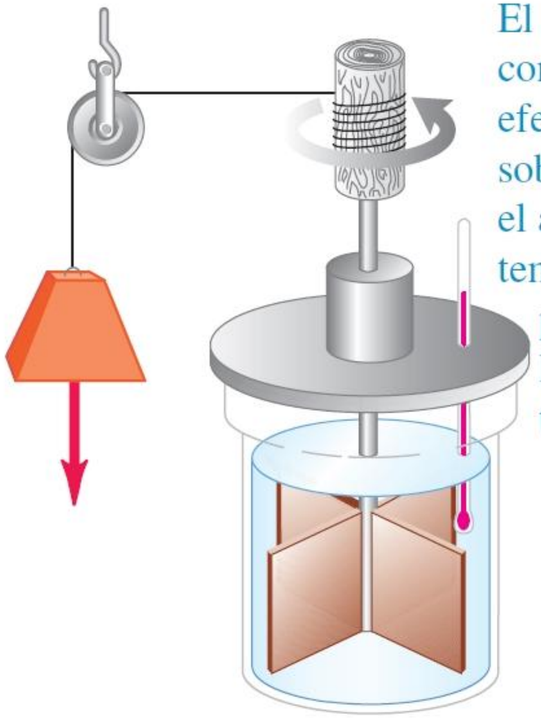
CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR (∆U)



El calentamiento directo puede producir el mismo cambio de temperatura que efectuar trabajo sobre el agua.



El agua se calienta conforme las paletas efectan trabajo sobre ella; el aumento de temperatura es proporcional a la cantidad de trabajo efectuado.

1 cal = 4,186 J
1 kcal = 1000 cal = 4186 J

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

¿Por qué se enfría el café?

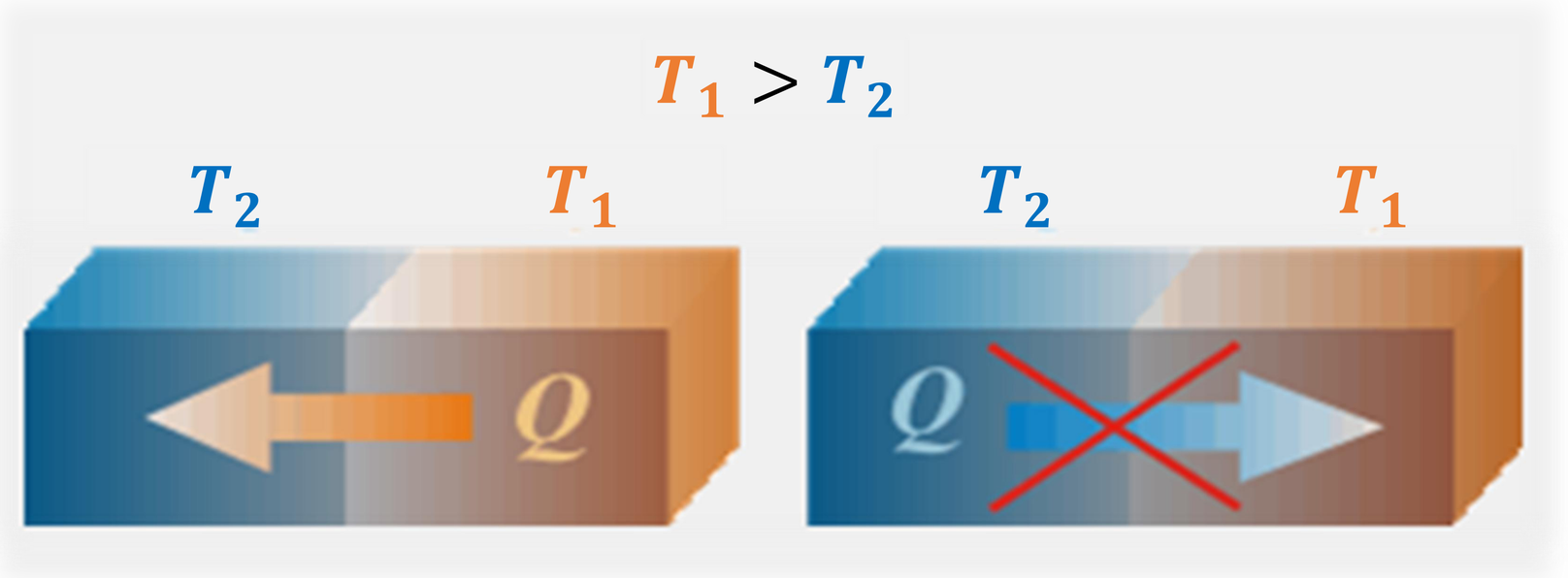




CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

El primer principio no es suficiente para determinar si un proceso puede ocurrir o no. Existe otro principio, el segundo principio, que establece en qué dirección ocurrirá el proceso.



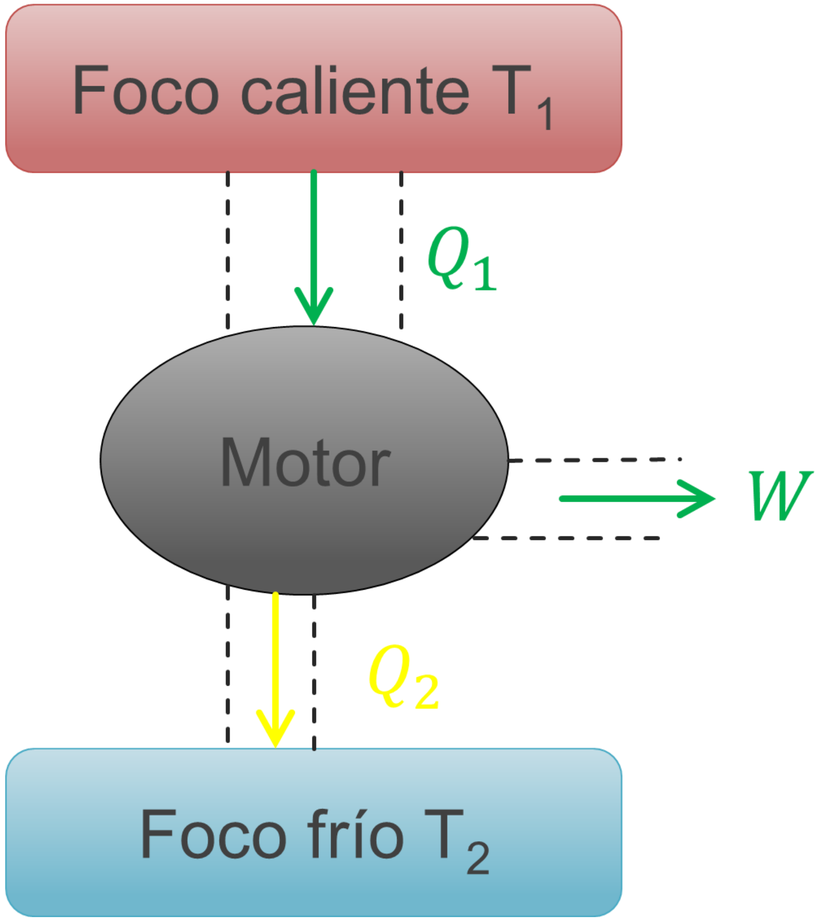
CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

En el ***MOTOR*** el objetivo es producir trabajo mecánico a expensas de introducir calor en el sistema.

Su rendimiento es:

$$\eta = \frac{|W_{neto}|}{|Q_1|} < 1$$



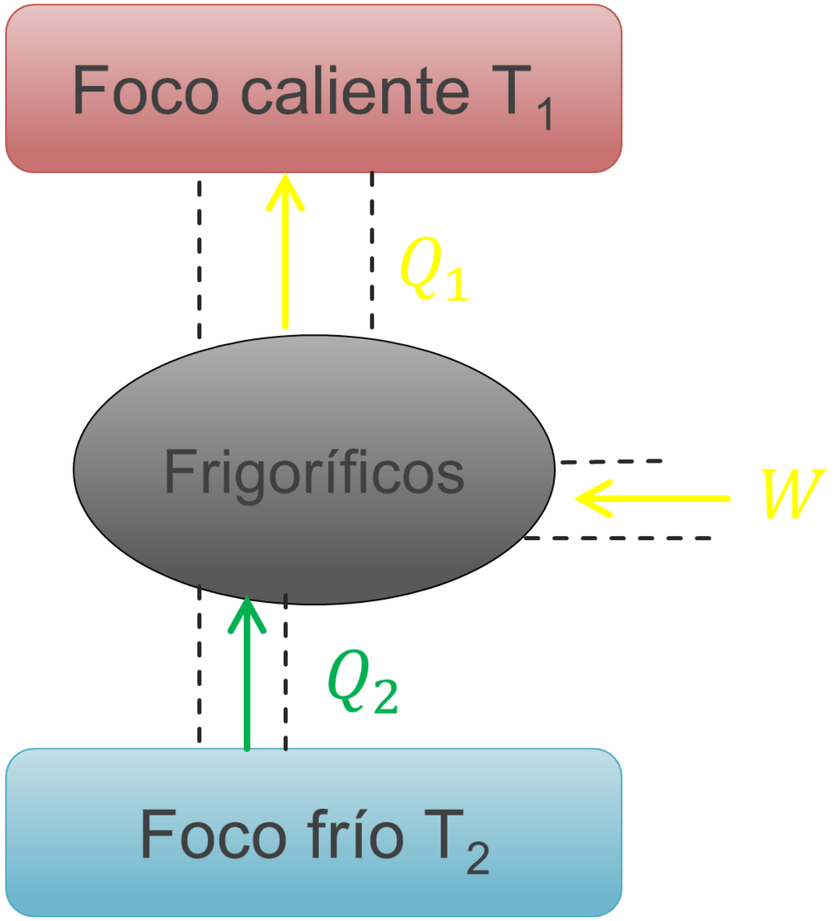
CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

En el ***REFRIGERADOR*** el objetivo es mover calor del foco frío al foco caliente a expensas de introducir trabajo mecánico en el sistema.

Su eficiencia es:

$$e = \frac{|Q_2|}{|W_{neto}|} > 0$$



CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

PRINCIPIO DE DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA

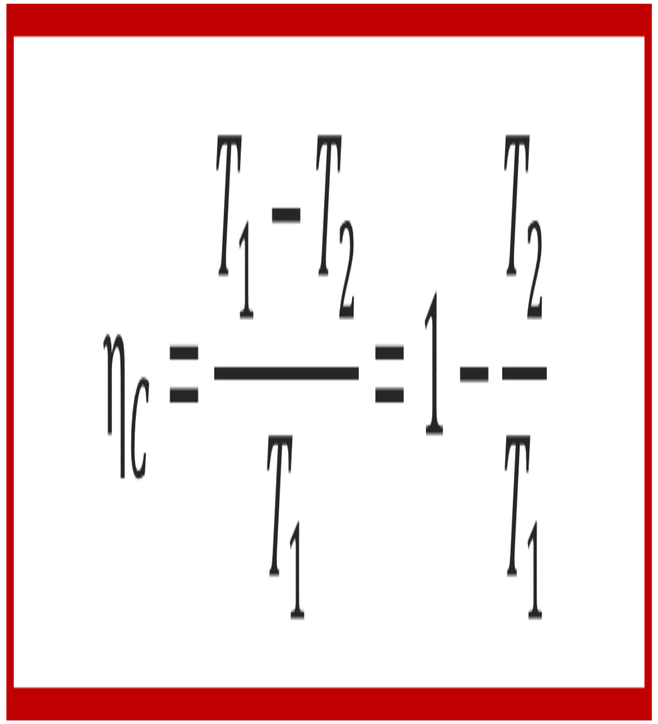
- ✓ Ningún equipo puede funcionar de modo tal que su único efecto (en el sistema y sus alrededores) sea convertir completamente todo el calor absorbido por el sistema en trabajo hecho por el sistema.

$$\eta = \frac{|W_{neto}|}{|Q_1|} < 1$$

Límite teórico (Carnot) →

$$\eta_C = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

T: Temperatura, expresada en K.



$Q_1 > 0$: calor absorbido del foco caliente

$W > 0$: trabajo producido

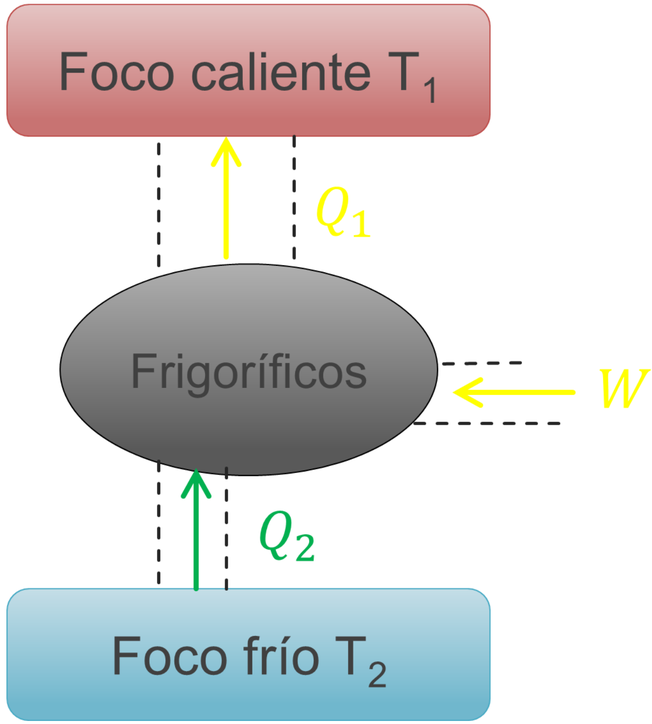
$Q_2 < 0$: calor cedido al foco frío

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

PRINCIPIO DE DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA

- ✓ No existe transformación alguna que tenga como único resultado transferir calor de un cuerpo frío a un cuerpo caliente.



$$Eficiencia(COP) = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Límite teórico (Carnot) →

$$Eficiencia(COP) = \frac{1}{\left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

T: Temperatura, expresada en K.

$Q_2 > 0$: calor absorbido del foco frío

$W < 0$: trabajo consumido

$Q_1 < 0$: calor cedido al foco caliente

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

¿Por qué se enfría el café?





CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

APLICACIÓN A UNA VIVIENDA

Una ***casa*** interacciona con el medioambiente sólo mediante ***intercambio de energía en forma de calor***.

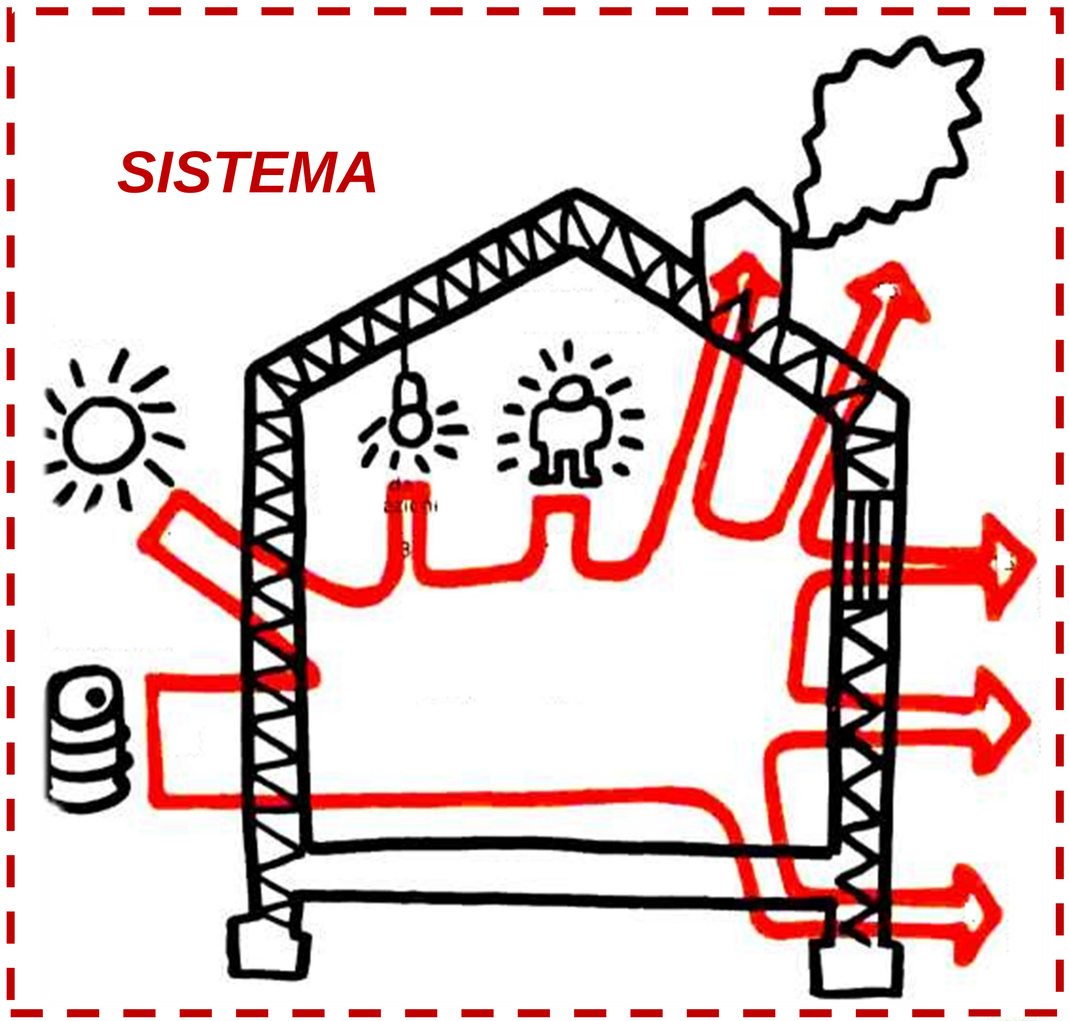
Para generar las condiciones de confort necesarias, es necesario controlar la temperatura interna. Esto se logra agregando o quitando energía en forma de calor.



CALEFACTOR O CALDERA



AIRE ACONDICIONADO MODO FRÍO/CALOR



CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

CALEFACTORES O CALDERAS

CALOR PERDIDO

(no efectivamente entregado al ambiente)

PROCESO DE COMBUSTÓN

ENERGÍA QUÍMICA



Calor entregado al ambiente

$$\eta = \frac{Q_{entregado\ al\ ambiente}}{Q_{combustible}} < 1$$

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

Son combustibles todas aquellas sustancias que reaccionan químicamente con un agente oxidante para obtener energía en forma de calor.

Los ***combustibles fósiles*** derivan de la fosilización de compuestos de carbono. Estos compuestos provenían de la fotosíntesis, por lo tanto, la fuente de energía para dicha reacción química ha sido la solar. La conversión de energía solar en energía química se da de la siguiente manera:

$$CO_2 + H_2O + luz\ solar \rightarrow C_x(H_2O)_y + O_2$$

Bajo altas presiones y temperatura, en ausencia de oxígeno, los compuestos de carbono se transformaron en compuestos con la fórmula general C_xH_y, y fracciones de O, N y S.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

PODER CALORÍFICO

Es el calor que entrega un kilogramo o un metro cúbico de combustible al oxidarse totalmente. Es decir, cuando todo el carbono presente se convierte en anhídrido carbónico. Las unidades más utilizadas son $[kcal/kg]$, $[kWh/m^3]$, $[btu/ton]$, entre otras.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + calor$$

Es posible distinguir entre el poder calorífico superior *(PCS)* y el poder calorífico inferior *(PCI).*

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS)

Se define suponiendo que todos los elementos de la combustión (combustible y aire) son tomados a $0°C$ y los productos (gases) de la combustión son llevados a $0°C$ luego de la misma, por lo que ***el vapor de agua estará totalmente condensado***. El vapor de agua provendrá del contenido de humedad que presente el combustible, y de la combinación del H con el O.

PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI)

Se define suponiendo que el vapor de agua presente en los productos de la combustión, ***no condensa***.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

CALEFACTORES O CALDERAS: PROCESO DE COMBUSTIÓN

Los ***calefactores sin salida al exterior***, ***alimentan su combustión utilizando el oxígeno del ambiente y despiden el producto de combustión también al ambiente***. NO deben instalarse en baños, ni dormitorios. Se deben colocar las rejillas superior e inferior reglamentarias de ventilación.

Los ***calefactores de tiro natural*** ***tienen un conducto al exterior por medio del cual evacuan los productos de combustión, y utilizan el oxígeno del ambiente para su combustión***. NO deben instalarse en baños, ni dormitorios. Se debe colocar la rejilla inferior reglamentaria de ventilación.

Los ***calefactores de tiro balanceado*** ***tienen una doble comunicación al exterior, por medio de la cual toman el oxígeno del exterior y despiden los productos de combustión al exterior***. Pueden instalarse en todo tipo de ambientes. No requieren rejillas de ventilación.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

AIRE ACONDICIONADO MODO CALOR

ENERGÍA ELÉCTRICA

Calor extraído del exterior

FOCO FRÍO



Calor entregado al ambiente

FOCO CALIENTE

$$COP = \frac{|Q_{entregado\ al\ ambiente}|}{Energía\ eléctrica}$$

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

AIRE ACONDICIONADO MODO FRÍO

ENERGÍA ELÉCTRICA

Calor entregado al exterior

FOCO CALIENTE



Calor extraído del ambiente

FOCO FRÍO

$$COP = \frac{|Q_{extraído\ del\ ambiente}|}{Energía\ eléctrica}$$

CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

COP y RENDIMIENTOS

[4]

Tabla 3.3: Rendimientos medios (η_c) de distintos equipos de calefacción.

TIPO DE CALEFACTOR	η_c / *COP*
Calefacción central con radiadores en pared (gas)	0,65
Calefacción central con radiadores en pared, circulación forzada (gas)	0,70
Calefacción central con radiadores en pared (eléctrico)	1,00
Calefacción central con losa radiante (gas)	SD
Calefacción central con losa radiante (eléctrico)	1,00
Estufa a gas convencional	SD
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta A	0,71
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta B	0,69
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta C	0,65
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta D	0,61
Estufa a gas de tiro balanceado Etiqueta E	0,59
Radiador eléctrico	1,00
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,60
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,50

Tabla 4.3: Rendimientos medios (η_r) de distintos tipos de equipos de refrigeración.

TIPO DE EQUIPO DE REFRIGERACIÓN	η_r / *EER*
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,20
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,10
Aire acondicionado clase C tipo Split	2,90
Aire acondicionado clase D tipo Split	2,70
Aire acondicionado clase E tipo Split	2,50
Aire acondicionado clase F tipo Split	2,30
Aire acondicionado clase G tipo Split	2,20
Aire acondicionado clase A tipo compacto	3,00
Aire acondicionado clase B tipo compacto	2,90
Aire acondicionado clase C tipo compacto	2,70
Aire acondicionado clase D tipo compacto	2,50
Aire acondicionado clase E tipo compacto	2,30
Aire acondicionado clase F tipo compacto	2,10
Aire acondicionado clase G tipo compacto	2,00

TRANSFERENCIA DE CALOR

TRANSFERENCIA DE CALOR

DEFINICIÓN

La Termodinámica estudia transformaciones de sistemas, introduce el concepto de calor como energía en tránsito, pero **NO NOS HABLA DE CÓMO** se da la transferencia de calor entre distintos sistemas.

¿Cuánto calor intercambia el café con el ambiente?

La Termodinámica nos permite saber cuánto calor es intercambiado.

¿Cuánto tarda el café en alcanzar una temperatura de 40ºC?

El estudio de la transferencia de calor nos permite saber esto.

TRANSFERENCIA DE CALOR

DEFINICIÓN

La determinación de la ***velocidad de propagación del calor*** hacia o desde un sistema y por lo tanto el tiempo de calentamiento y enfriamiento, como también las ***variaciones de temperatura*** en un punto o región constituyen el objeto de la transferencia del calor



TRANSFERENCIA DE CALOR

MODOS DE TRANSFERENCIA

CONDUCCIÓN

Transferencia de calor por difusión o vibración de los átomos. Existe un medio material a través del cual se propaga el calor. Se transmite el calor sin transporte de materia.

CONVECCIÓN

Transferencia de calor entre una superficie y un fluido en movimiento cuando están a diferentes temperaturas.

RADIACIÓN

Todas las superficies con temperatura finita emiten energía en forma de ondas electromagnéticas. En ausencia de un medio, existe un transferencia de calor entre las dos superficies a distinta temperatura.

TRANSFERENCIA DE CALOR

CONDUCCIÓN

La ***conducción*** es la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a la interacción de las mismas.

Ejemplo:

El extremo expuesto de una cuchara metálica introducida en una taza de café caliente se calentará debido a la conducción de energía a través de la cuchara.



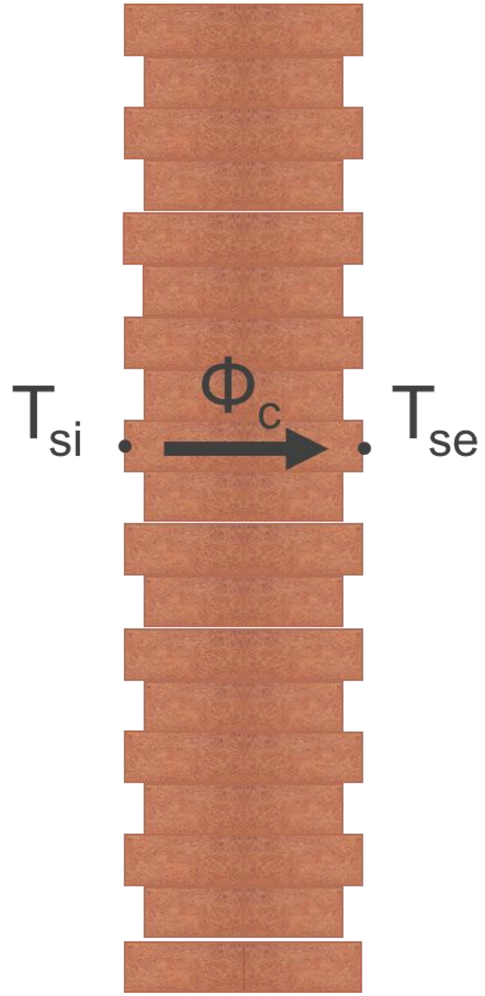
TRANSFERENCIA DE CALOR

CONDUCCIÓN

LEY DE FOURIER

Para una pared plana unidimensional, en régimen estacionario, experimentalmente se obtiene:

$$\Phi_{cond} = \frac{\lambda A}{e}(T_{si} - T_{se})$$



El flujo de calor o transferencia de calor $\Phi_{cond}\ [W]$ es la velocidad con que se transfiere el calor en la dirección perpendicular al plano de la pared.

Siendo λ: la conductividad térmica, en W/mK.

A: el área del elemento, en m^2.

e: el espesor del elemento, en m.

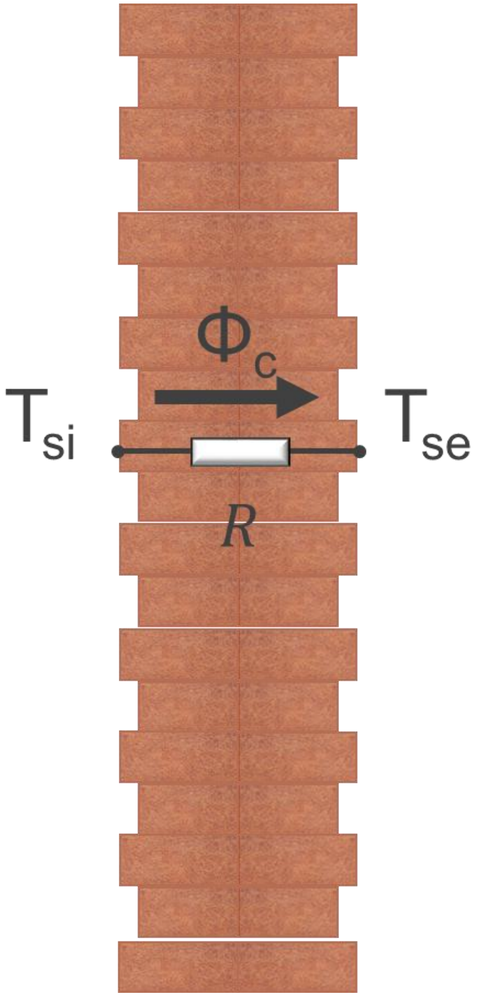
TRANSFERENCIA DE CALOR

CONDUCCIÓN

LEY DE FOURIER

El flujo de calor o transferencia de calor $\Phi_{cond}\,[W]$ es directamente proporcional a la diferencia de temperatura en las caras.

$$\Phi_{cond} = \frac{1}{R}(T_{si} - T_{se})$$



La resistencia térmica R es una característica de la pared.

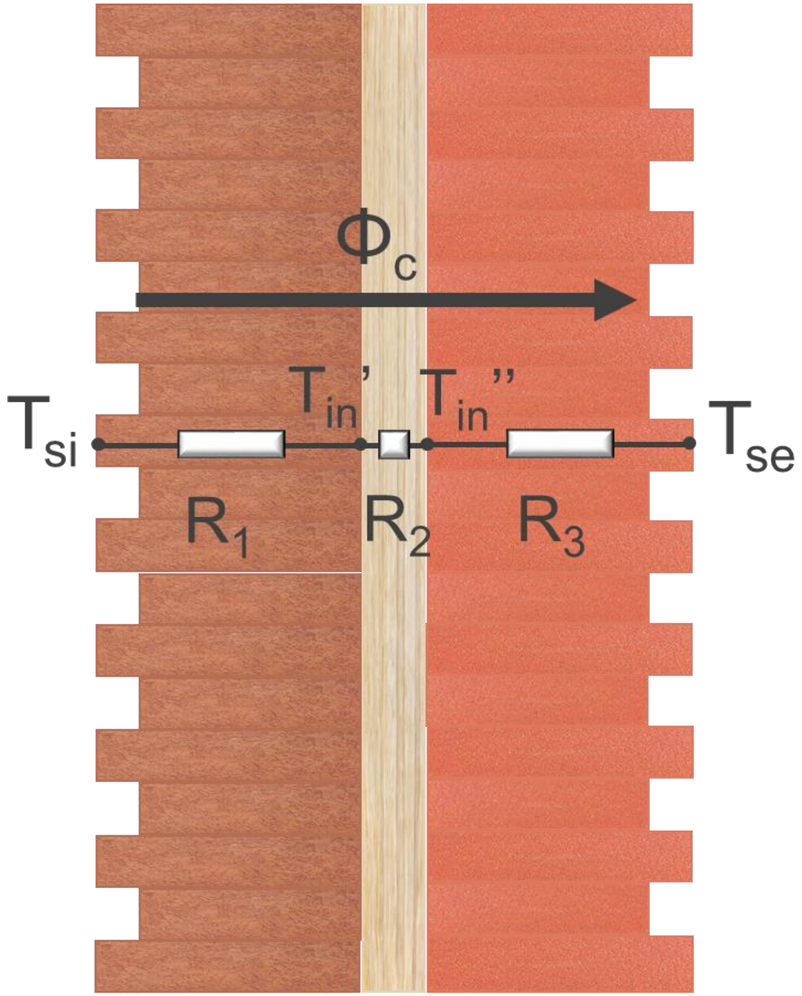
$$R = \frac{e}{A\lambda}$$

TRANSFERENCIA DE CALOR

CONDUCCIÓN

$$\Phi_{cond} = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3}(T_{si} - T_{se})$$

Para una pared compuesta por más de una capa, la resistencia térmica equivalente *(R)* será la suma de las resistencias de cada una de las capas individuales que componen la pared.



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_1 = \frac{e_1}{A\lambda_1} \qquad R_2 = \frac{e_2}{A\lambda_2} \qquad R_3 = \frac{e_3}{A\lambda_3}$$

TRANSFERENCIA DE CALOR

CONVECCIÓN

La ***convección*** es la transferencia de calor entre un fluido en movimiento y una superficie limitante cuando ambos se encuentran a diferente temperatura.

Existen distintos tipos de convección:

- ***Forzada***: El flujo es causado por medios externos (ventilador, viento, bomba).
- ***Libre o natural***: El flujo es inducido por fuerzas de empuje que surgen a partir de diferencias de densidad ocasionadas por las variaciones de temperatura en el fluido.
- ***Mezclada***: forzada + natural.

TRANSFERENCIA DE CALOR

CONVECCIÓN

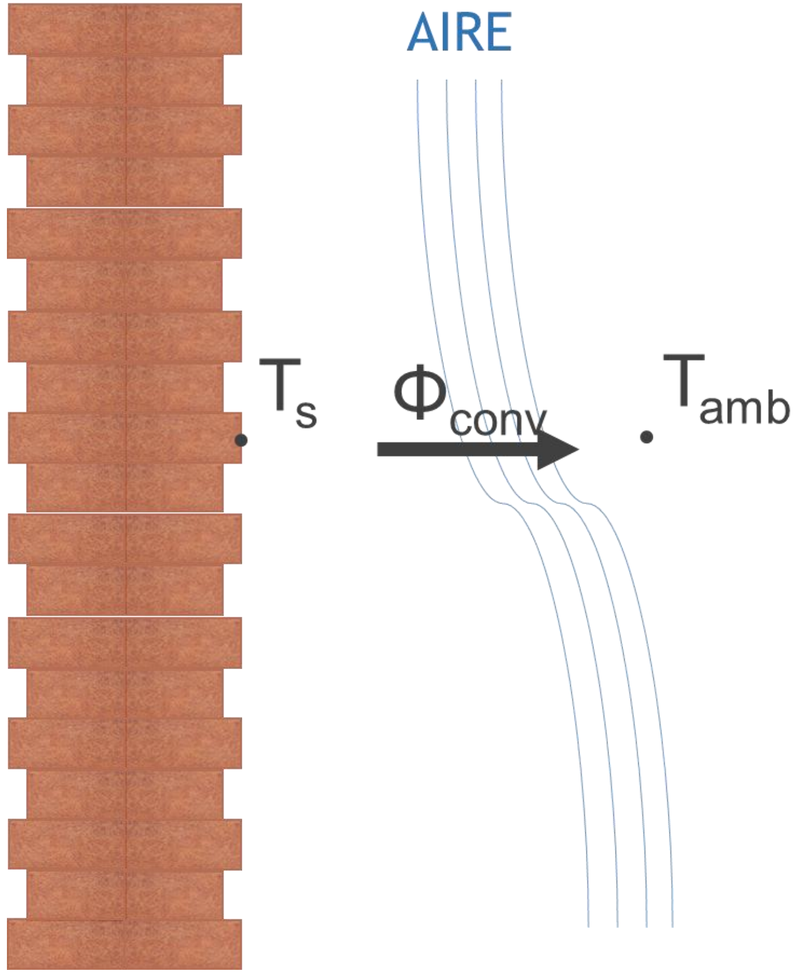
LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON

$$\Phi_{conv} = Ah\,(T_s - T_{amb})$$

El flujo de calor por convección $\Phi_{conv}\ [W]$ es proporcional a la diferencia de temperaturas de la superficie y el fluido, T_s y T_{amb}, respectivamente.

Siendo h: el coeficiente de transferencia de calor por convección, en W/m^2K.

$$h = f(\rho; \mu; c_p; \lambda; \nu; D)$$



TRANSFERENCIA DE CALOR

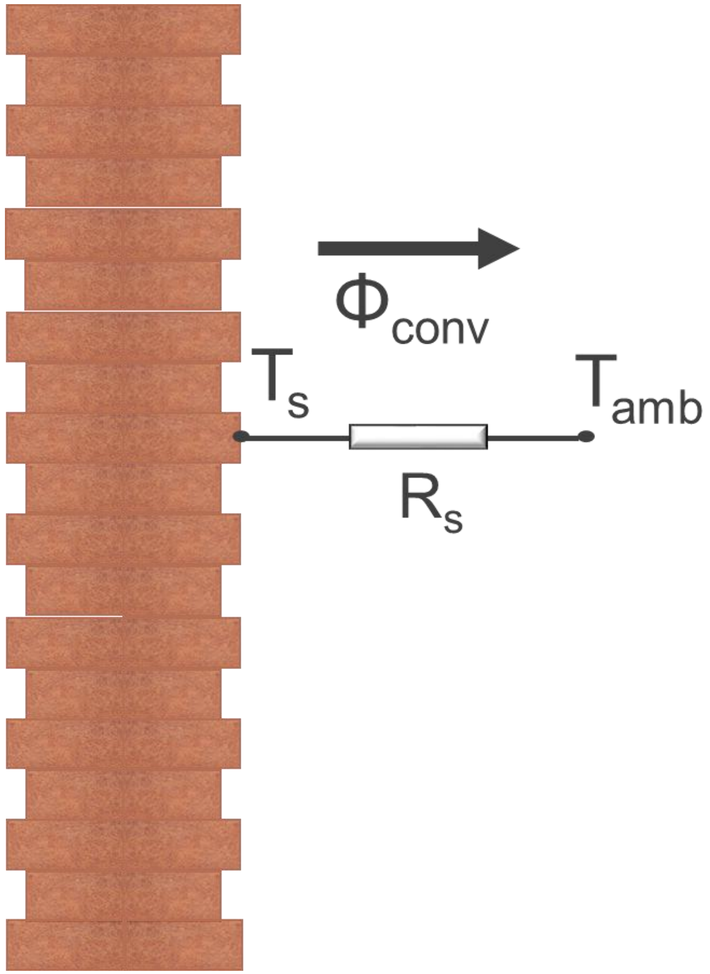
CONVECCIÓN

LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON

$$\Phi_{conv} = \frac{1}{R_s}(T_s - T_{amb})$$

A partir de los coeficientes de transferencia por convección también se puede definir una resistencia térmica llamada resistencia superficial.

$$R_s = \frac{1}{Ah}$$

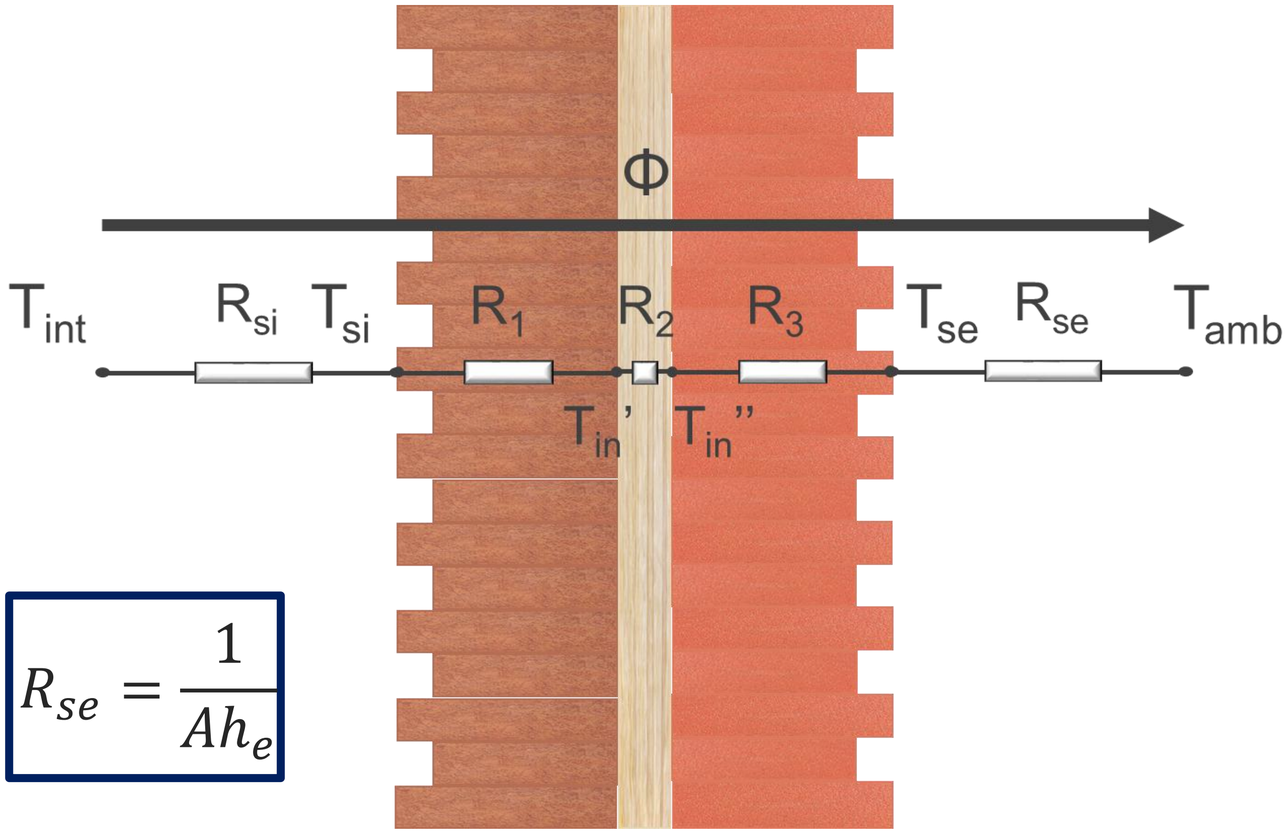


TRANSFERENCIA DE CALOR

CONVECCIÓN

$$\Phi = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{se}} (T_{int} - T_{amb})$$

Al combinar los flujos por conducción a través de la pared, con los de convección en las superficies interior y exterior, se obtiene el flujo total.



$$R_{si} = \frac{1}{Ah_i} \qquad R_1 = \frac{e_1}{A\lambda_1} \qquad R_2 = \frac{e_2}{A\lambda_2} \qquad R_3 = \frac{e_3}{A\lambda_3} \qquad R_{se} = \frac{1}{Ah_e}$$

TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

LEY DE STEFAN-BOLTZMANN

La ***radiación térmica*** es la emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita. La velocidad a la que se libera energía por unidad de área $[W/m2]$ desde una superficie a temperatura T, se denomina ***potencia emisiva superficial*** (E), cuyo límite superior viene dado por:

$$E_b = \sigma\, T_s^4$$

Siendo T_s: la temperatura absoluta de la superficie, K.

σ: la constante de Stefan-Boltzmann, igual a $5{,}67\ x\ 10^{-8}\ W/m^2\ K^4$.

Dicha superficie se llama radiador ideal o **cuerpo negro**.

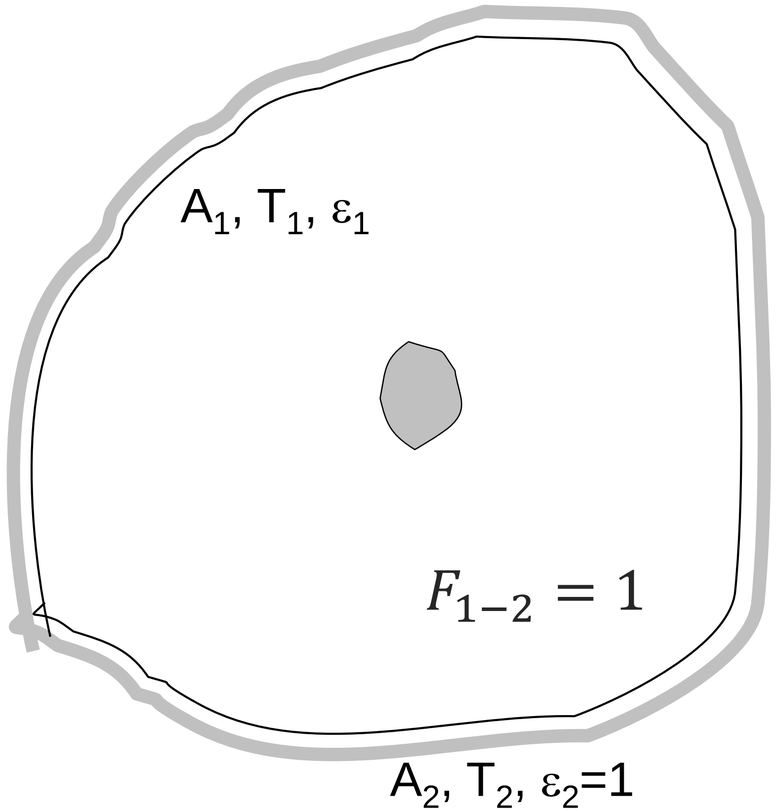
TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

INTERCAMBIO POR RADIACIÓN ENTRE DOS CUERPOS

Entre un cuerpo gris de superficie A_1 encerrado dentro de una cavidad de paredes negras y área A_2 (atmósfera) el intercambio será:

$$\Phi_{rad} = A_1 \varepsilon_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

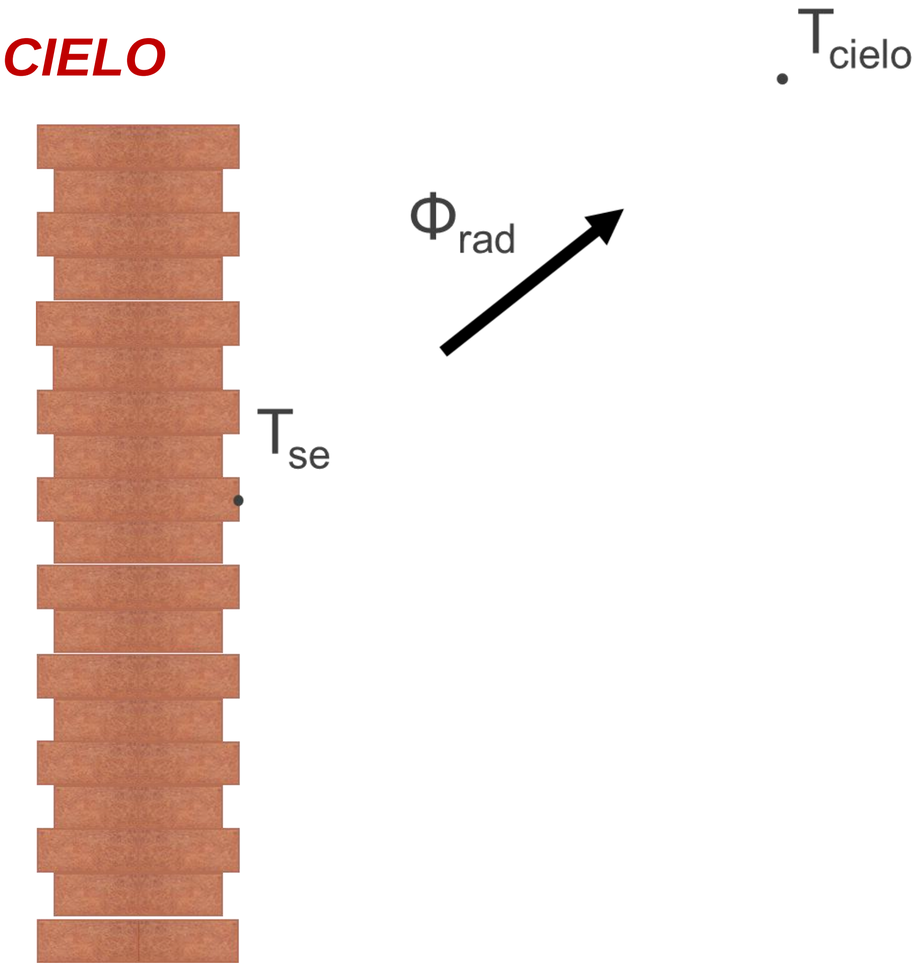


TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL CIELO

$$\Phi_{rad} = h_{rad} A (T_{se} - T_{cielo})$$



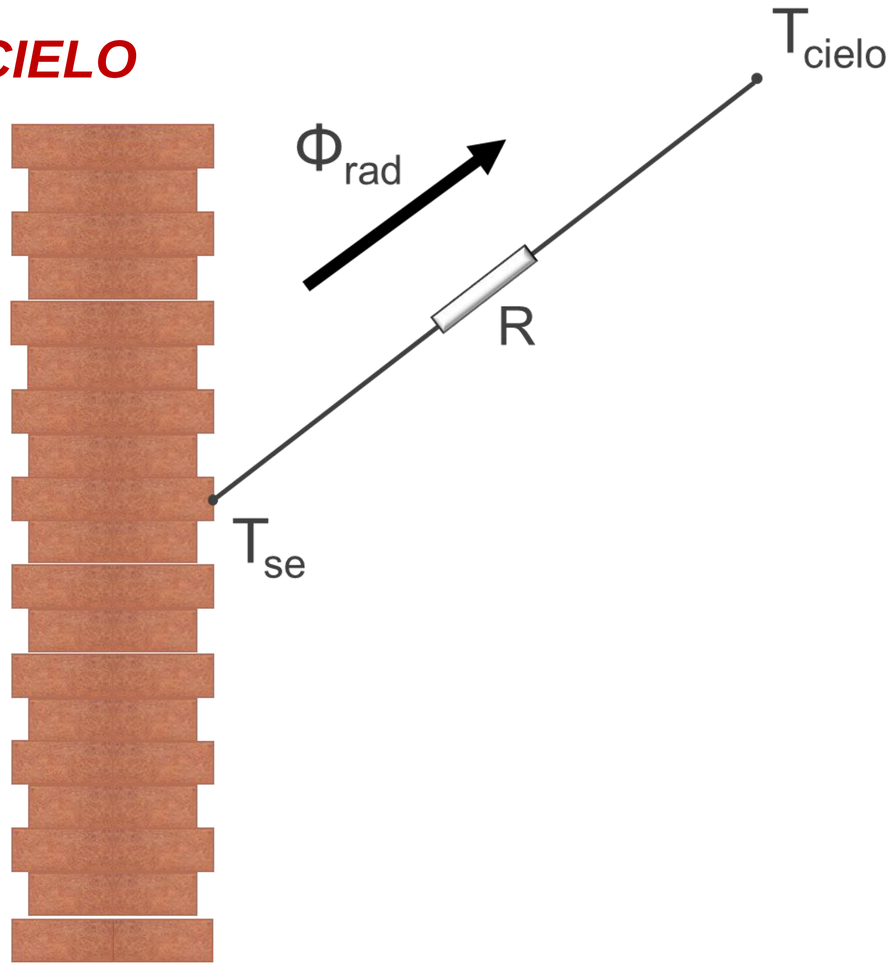
TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL CIELO

$$\Phi_{rad} = \frac{1}{R_{rad}}(T_{se} - T_{cielo})$$

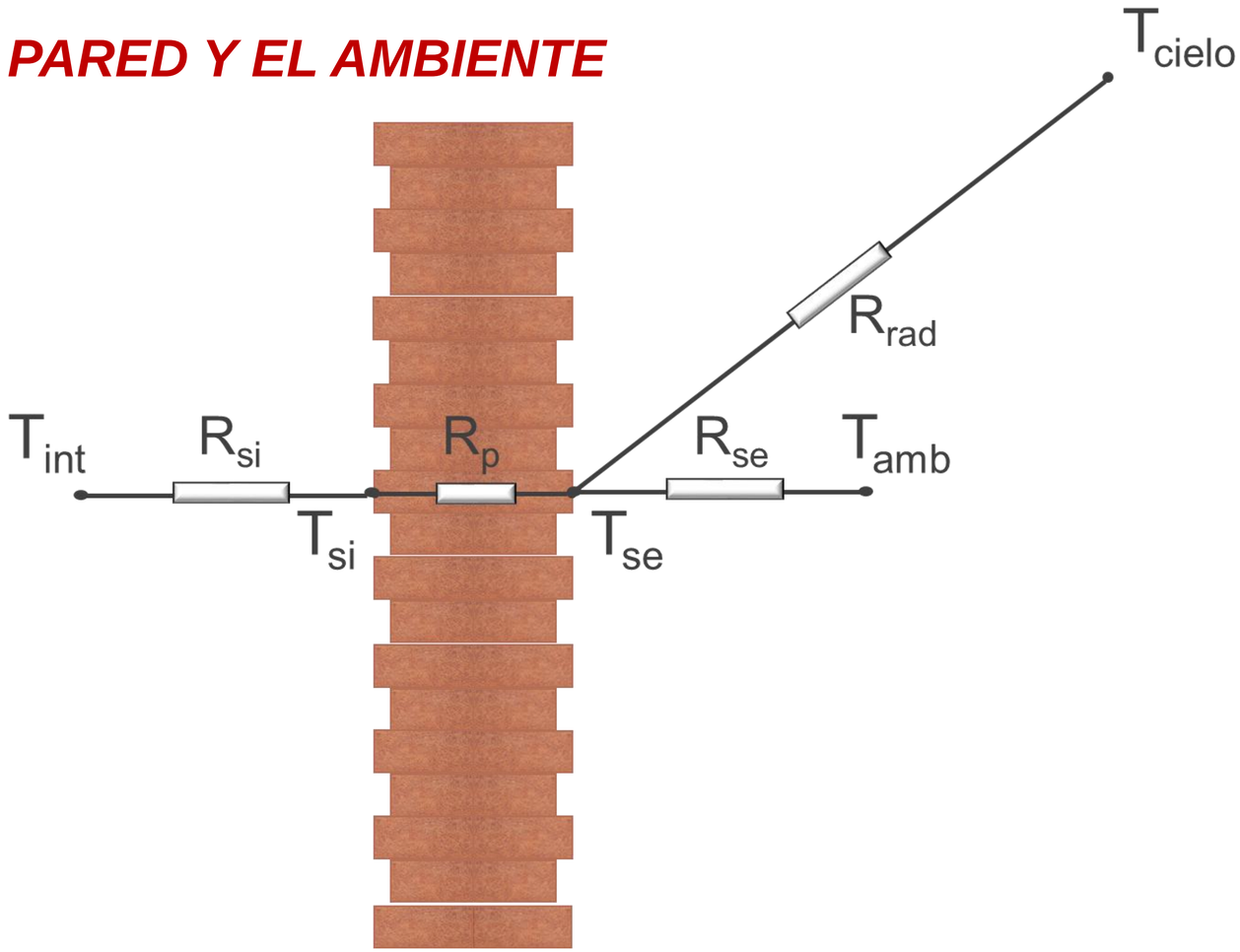
$$R_{rad} = \frac{1}{Ah_{rad}}$$



TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL AMBIENTE

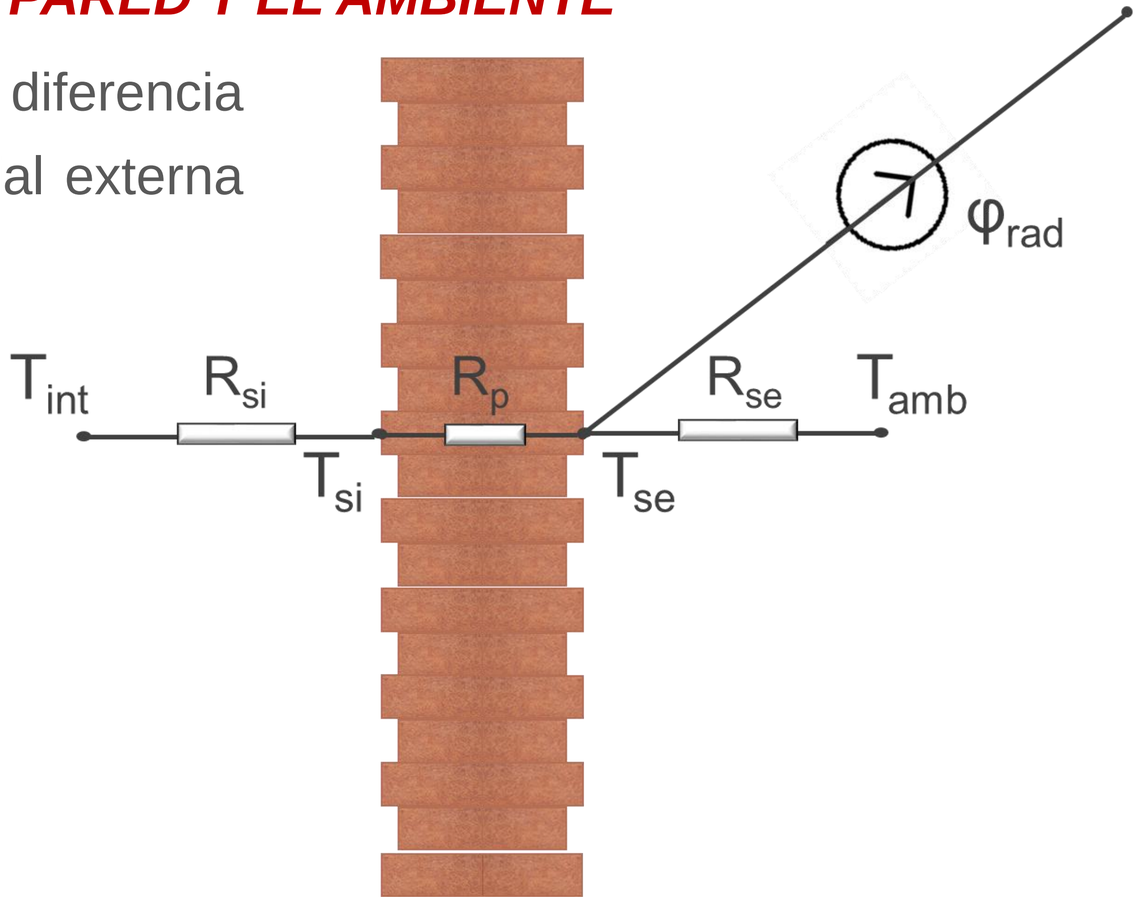


TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL AMBIENTE

En el caso de considerar la diferencia entre la temperatura superficial externa y la del cielo constante.





RADIACIÓN SOLAR

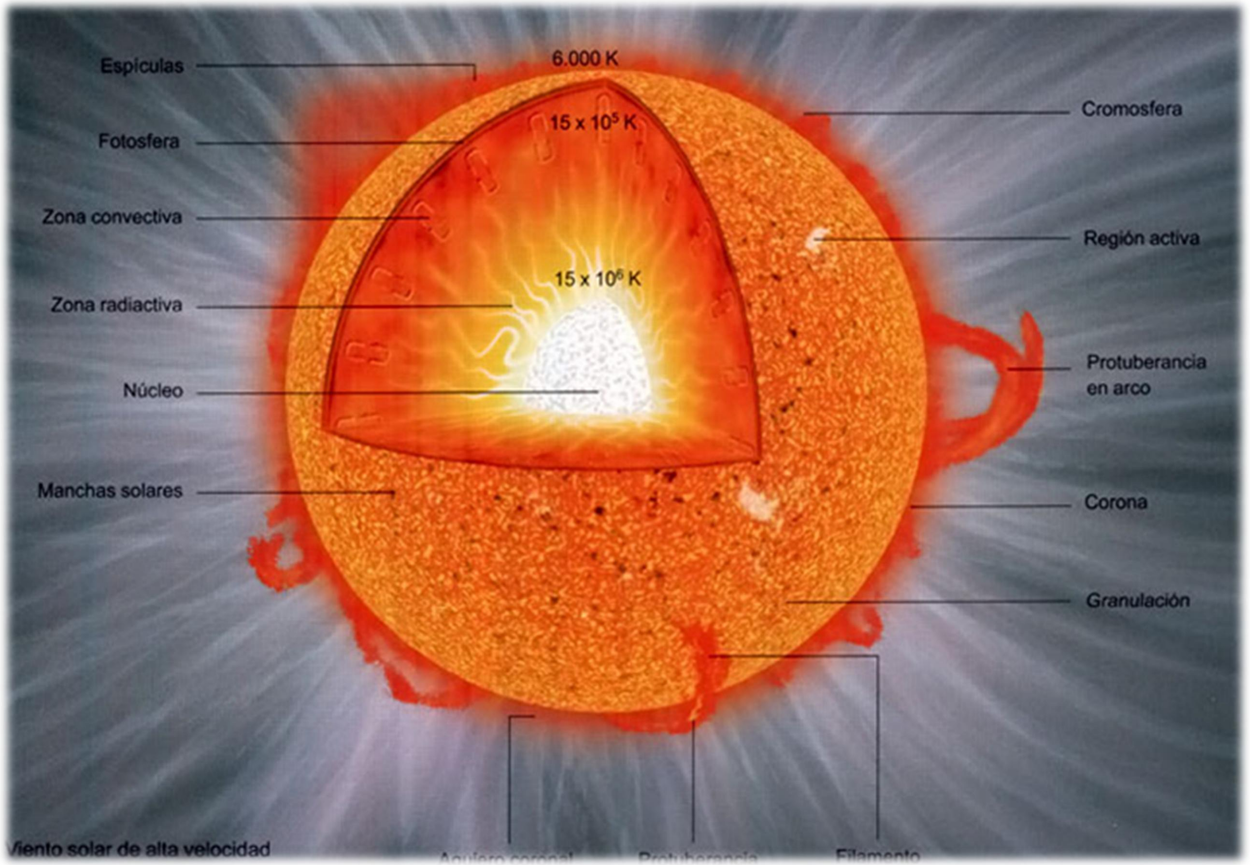
RADIACIÓN SOLAR

CONCEPTOS BÁSICOS

El sol es un esferoide de materia gaseosa compuesto en un 80% por hidrógeno, 19% helio, y el 1% restante, por otros elementos.

En él suceden reacciones nucleares de fusión, siendo la más importante la conversión de hidrógeno en helio.

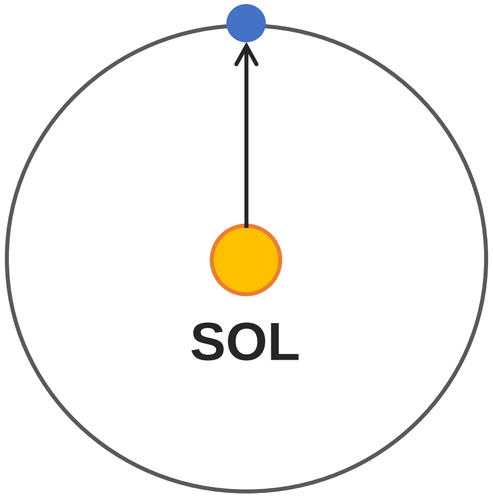
Dado que el balance de masas no se conserva, este defecto se traduce en energía, según la Ley de Einstein.



RADIACIÓN SOLAR

CONCEPTOS BÁSICOS

El Sol es una fuente de energía con un flujo radiante de $3{,}8x10^{26}\ W$, equivalente a una densidad de $62{,}5\ MW$ por cada m^2 de superficie solar.



$$D_{Sol} = 1{,}39\ x10^6\ km$$

$$R_{Sol-Tierra} = 1.495\ x10^8\ km$$

$$D_{Tierra} = 6.371\ km$$

$$T_{Sol} = 5.765\ K$$

$$A = 4\pi(R_{Sol-Tierra})^2$$

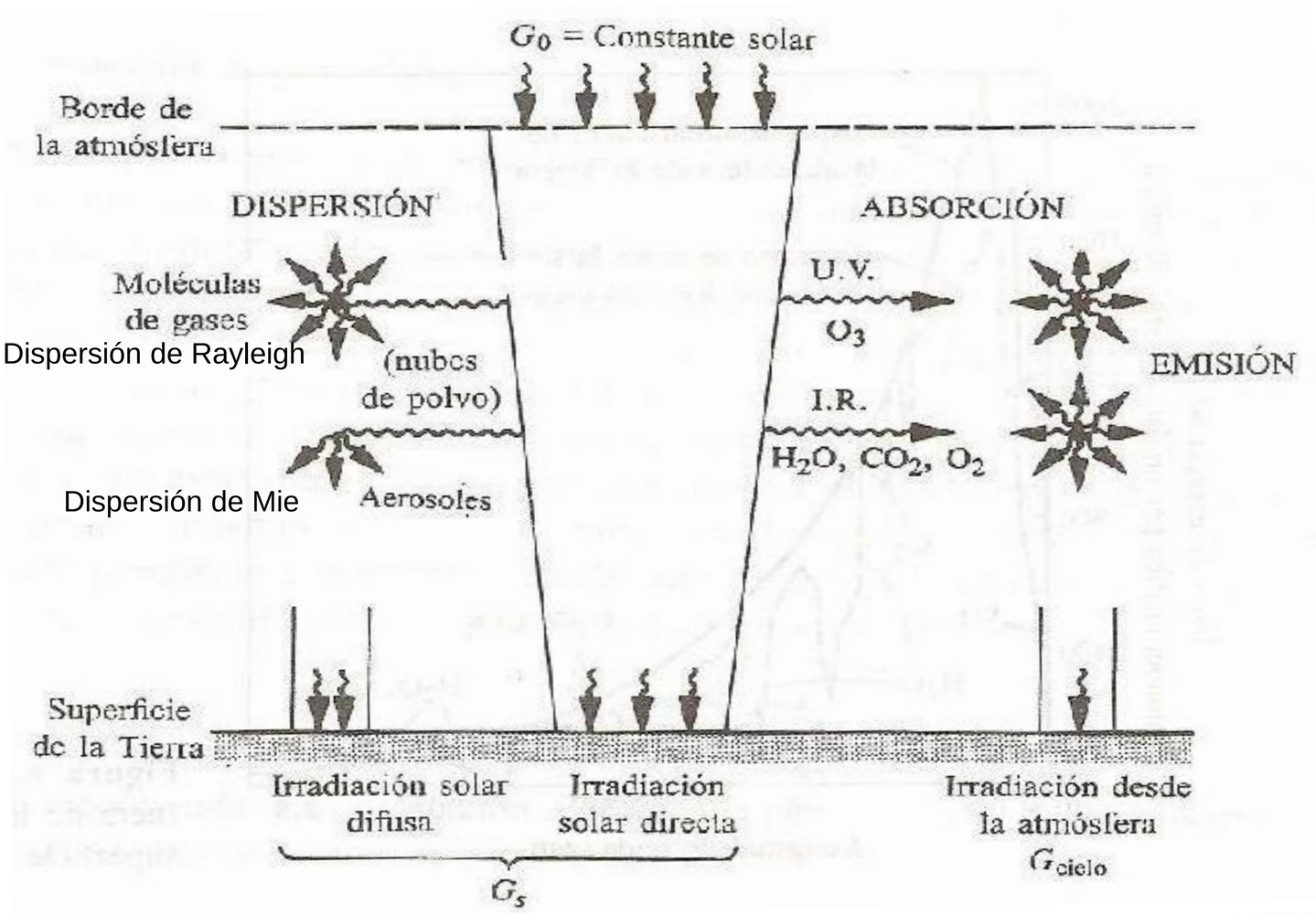
CONSTANTE SOLAR

$$G_0 = \frac{A_{sol}\ \sigma\ T_{sol}^4}{A} = 1.353\ W/m^2$$

RADIACIÓN SOLAR

CONCEPTOS BÁSICOS

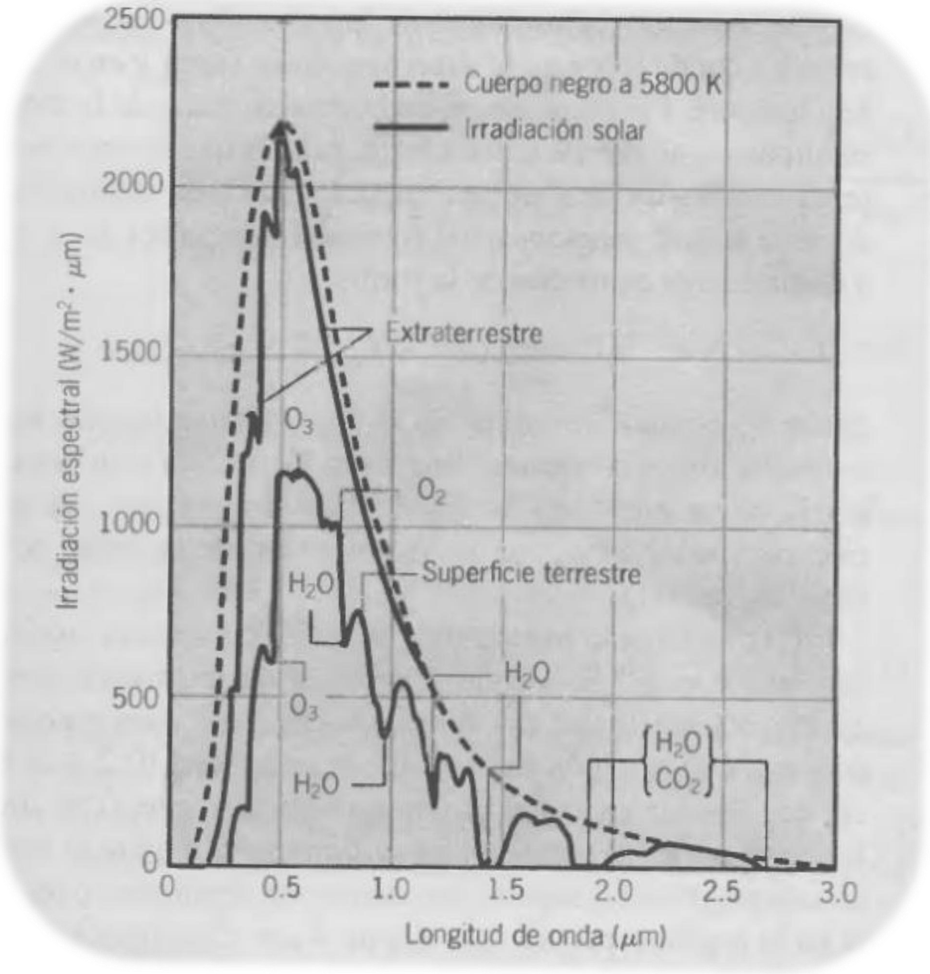
Esquema de la dispersión de la radiación solar en un cielo claro y de las componentes de la radiación que inciden sobre la superficie terrestre.



RADIACIÓN SOLAR

CONCEPTOS BÁSICOS

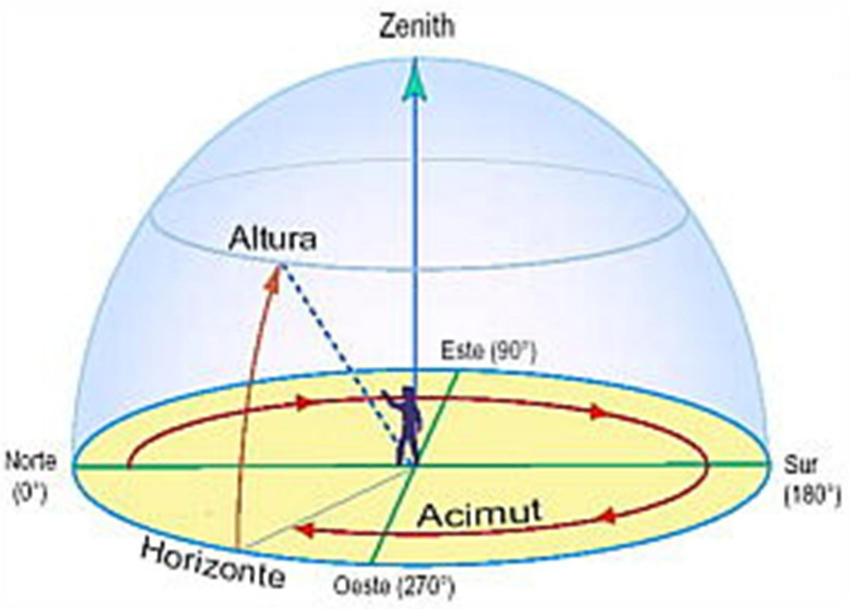
El Sol emite radiación electromagnética con una distribución espectral que abarca desde $100\,nm$ hasta $3000\,nm$, similar a la emisión de radiación de un cuerpo negro a $6000\,K$.

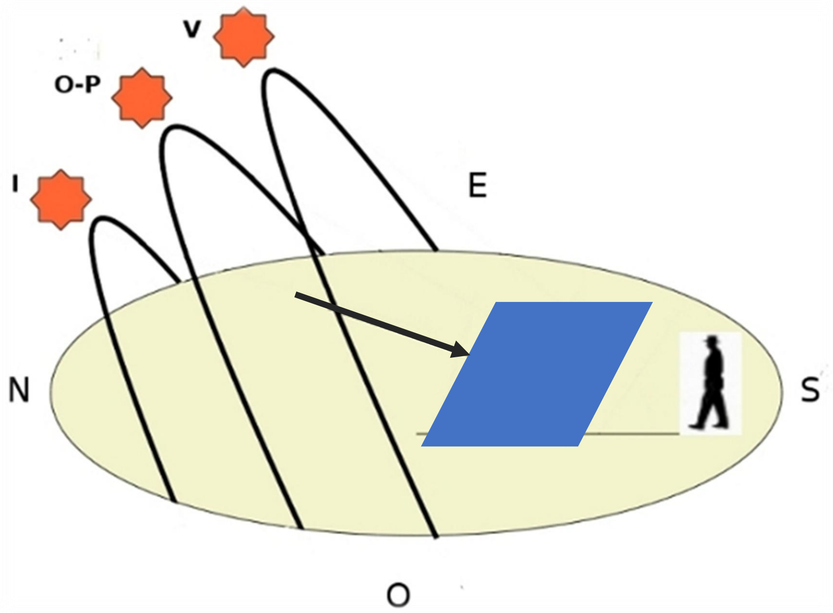


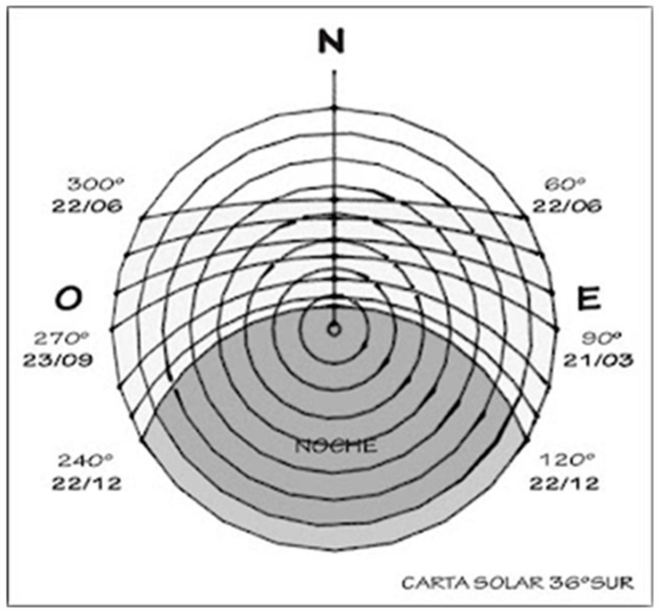
RADIACIÓN SOLAR

CONCEPTOS BÁSICOS

La radiación solar en un plano horizontal en un determinado lugar geográfico será función del día del año y de la hora del mismo. Para nuestro estudio servirá conocer los valores medios diarios, mensuales o anuales .







RADIACIÓN SOLAR

TIPOS DE RADIACIÓN

DIRECTA: es aquella proveniente directamente por una línea recta que une la Tierra y el sol, tiene un comportamiento angular evidente en cada localización en función del día y la hora.

DIFUSA: es aquella parte de la radiación absorbida y dispersada por los gases atmosféricos, además del vapor de agua, agua en estado sólido, y partículas.

REFLEJADA: es aquella reflejada por los objetos circundantes, o radiación de albedo y depende del paisaje circundante.

$$G = G_{dir} + G_{dif} + G_{ref}$$

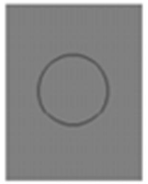
Cada aporte es variable según la localización, el día y la hora y las condiciones del atmosféricas.

RADIACIÓN SOLAR

TIPOS DE RADIACIÓN

La variación anual de la insolación media diaria al suelo está ligada mayormente a la componente directa, mientras que la componente difusa sufre menores variaciones.

Intensidad aproximada de la radiación solar

Radiación solar	Condiciones atmosféricas							
	Cielo calmo	Niebla	Nublado	Disco solar amarillo	Disco solar blanco	Disco solar apenas perceptible	Neblina densa	Cielo cubierto
								
Global	1000 W/m²	600 W/m²	500 W/m²	400 W/m²	300 W/m²	200 W/m²	100 W/m²	50 W/m²
Directa	90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
Difusa	10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

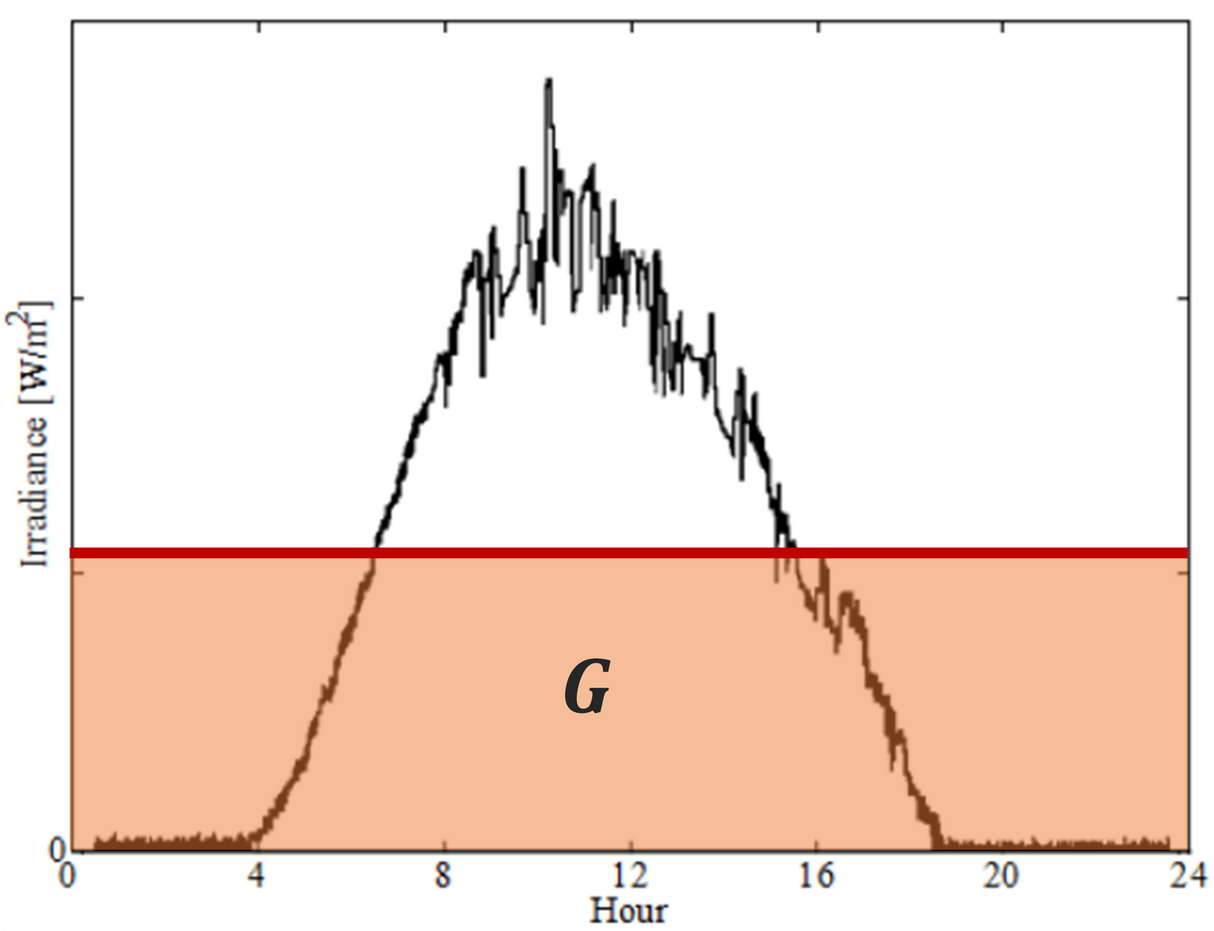
RADIACIÓN SOLAR

IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN

IRRADIANCIA (I): Cantidad de energía que incide por unidad de tiempo y de superficie en un plano dado $[W/m^2]$.

IRRADIACIÓN (G): Cantidad de energía que incide por unidad de superficie sobre un plano y en un determinado período de tiempo. $[kWh/m^2]$.

$$G = \int_{t}^{t+\Delta t} I \, dt$$

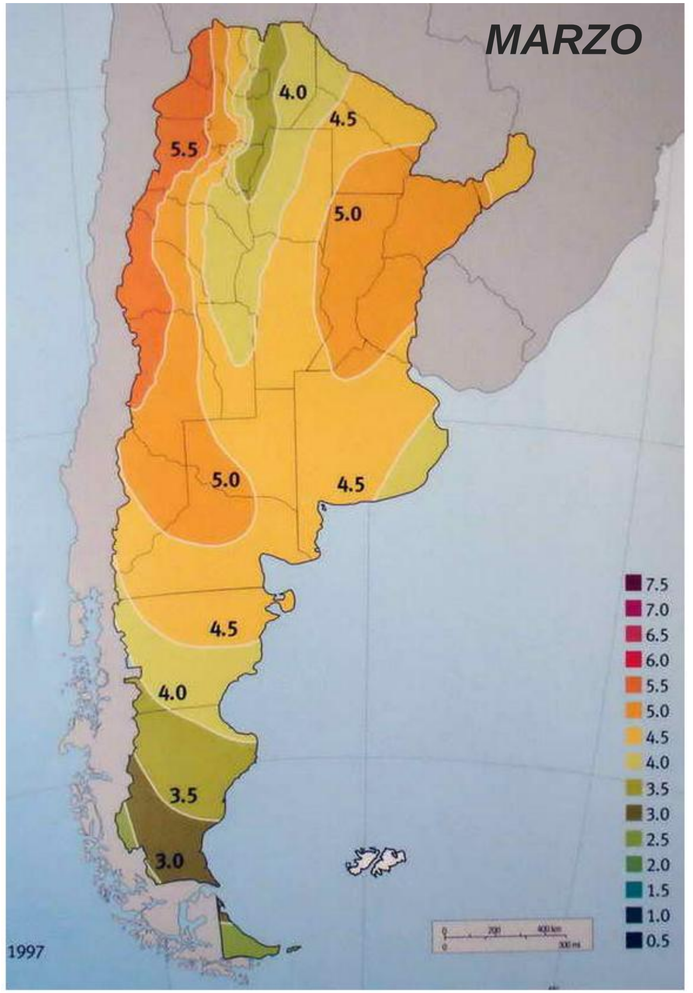


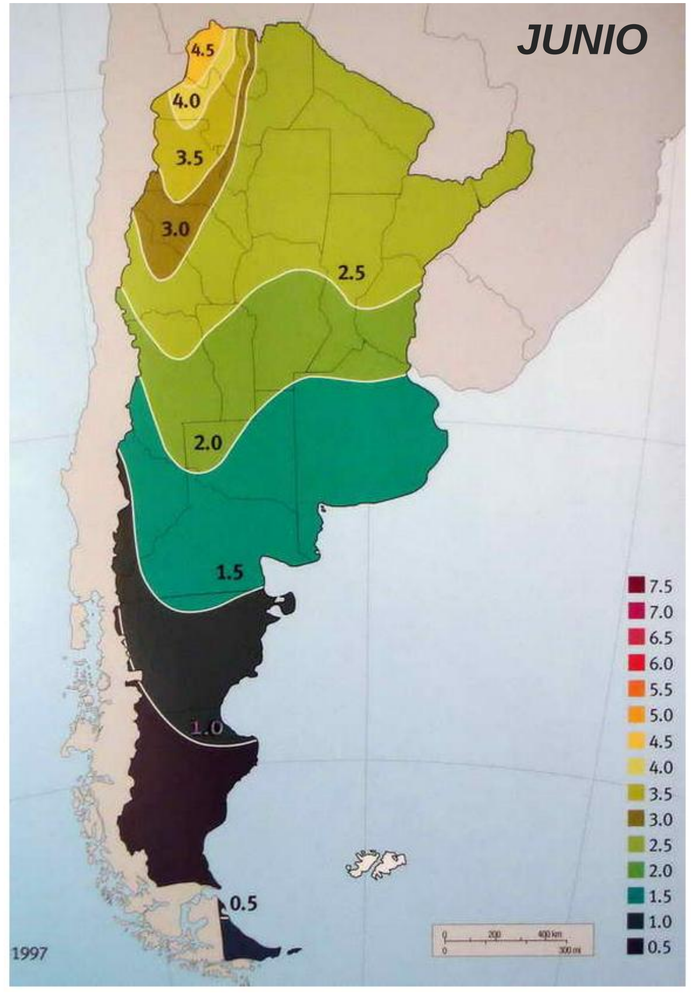
RADIACIÓN SOLAR

IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN

IRRADIANCIÓN MEDIA DIARIA EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

[3]



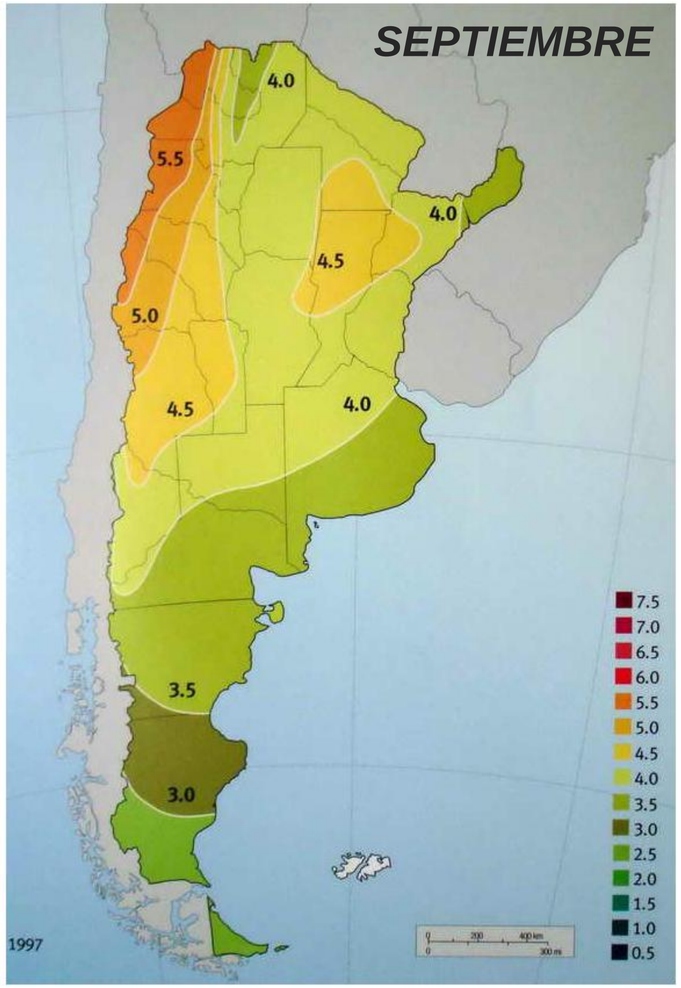


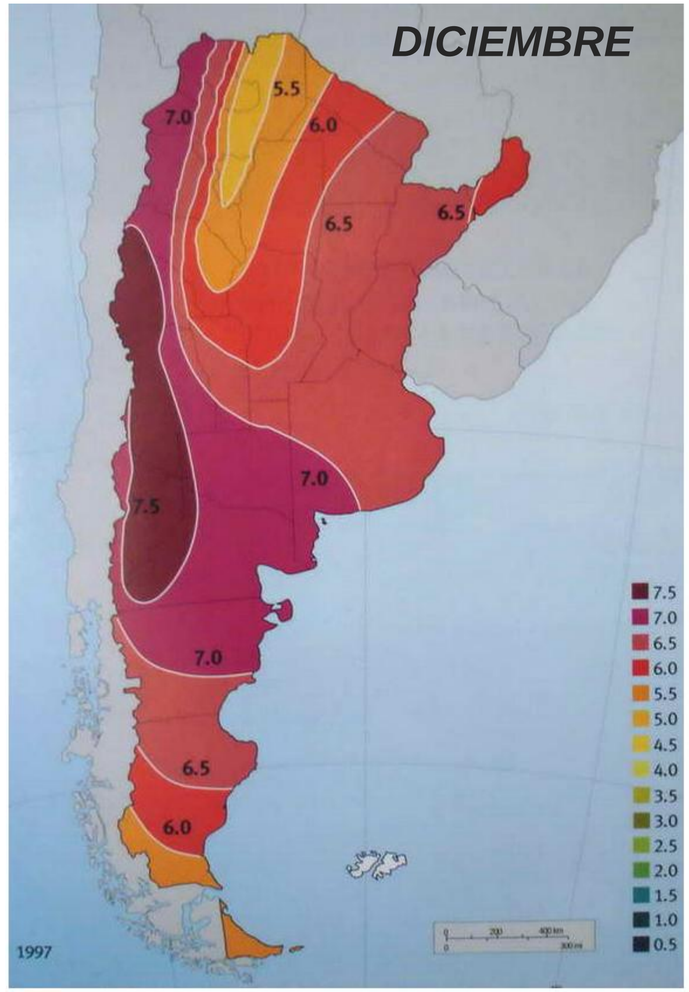
RADIACIÓN SOLAR

IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN

IRRADIANCIÓN MEDIA DIARIA EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

[3]



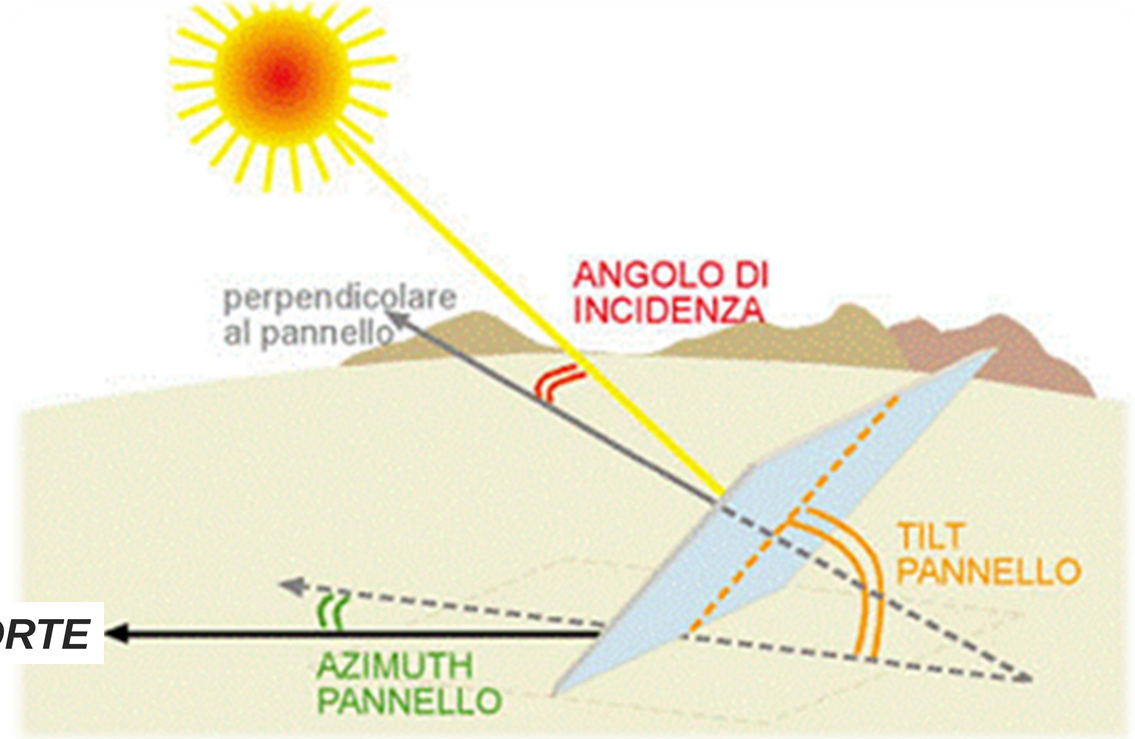


RADIACIÓN SOLAR

IRRADIANCIA SOBRE UNA SUPERFICIE ORIENTADA

En una superficie orientada la irradiación global debe ser corregida en función del ángulo de ***inclinación*** *(tilt)* y del ángulo de ***orientación*** *(azimuth).*

- El ángulo de inclinación óptimo es $\approx 0{,}85Lat$. (para maximización de la energía captada en base anual). Si se desea un mayor aprovechamiento en invierno el ángulo debe ser mayor que el óptimo, mientras que si se quiere más aprovechamiento en verano, el ángulo debe ser menor.
- El ángulo de orientación óptimo es 0°.

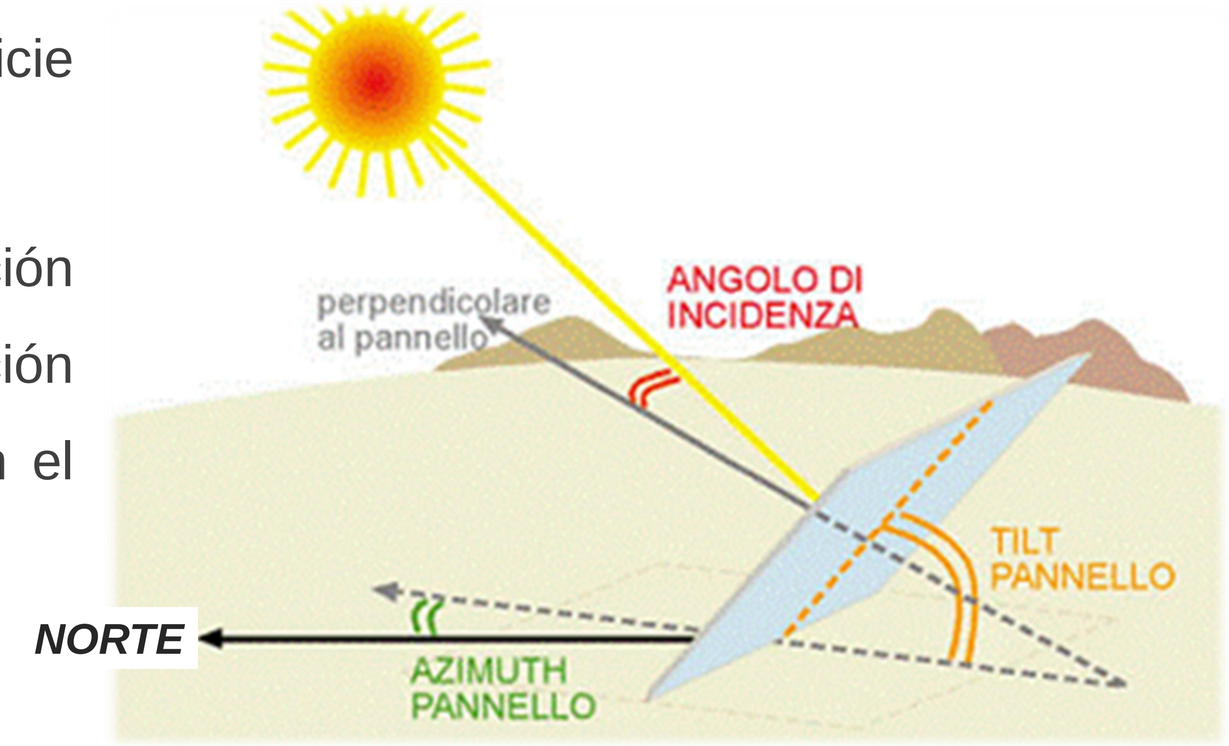


RADIACIÓN SOLAR

IRRADIANCIA SOBRE UNA SUPERFICIE ORIENTADA

En una superficie orientada la irradiación global debe ser corregida en función del ángulo de ***inclinación*** *(tilt)* y del ángulo de ***orientación*** *(azimuth).*

- La inclinación y la orientación de la superficie captadora son factores muy importantes.
- Ángulos de inclinación bajos favorecen la captación de energía en el verano, y ángulos de inclinación elevados favorecen la captación de energía en el invierno.
- La componente reflejada depende del entorno.



RADIACIÓN SOLAR

IRRADIANCIA SOBRE UNA SUPERFICIE ORIENTADA

[4]

Tabla G.1: Irradiancia solar media mensual (I_{sol}), en W/m^2.

MES	90°								60°							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
ENERO	58	95	110	81	39	81	110	94	176	190	191	160	141	158	188	188
FEBRERO	81	102	100	63	26	63	100	102	186	185	168	124	90	124	168	185
MARZO	116	111	87	44	21	43	86	110	197	180	142	86	39	86	141	180
ABRIL	138	111	69	27	18	27	69	111	192	164	109	53	27	53	109	164
MAYO	144	110	56	20	17	20	56	109	180	149	87	36	25	35	87	148
JUNIO	132	99	45	16	15	16	45	99	159	129	70	27	23	27	70	129
JULIO	151	113	54	19	17	19	54	114	185	151	84	33	26	33	85	152
AGOSTO	147	116	65	25	18	25	65	116	196	165	103	46	28	46	104	165
SEPTIEMBRE	124	110	79	36	20	36	78	109	194	173	128	71	30	71	127	172
OCTUBRE	91	103	93	55	23	54	92	102	186	180	156	108	69	108	155	179
NOVIEMBRE	64	99	112	80	36	77	109	99	181	192	189	154	131	153	188	191
DICIEMBRE	48	91	114	89	44	89	115	92	167	183	192	167	155	168	194	185

RADIACIÓN SOLAR

IRRADIANCIA SOBRE UNA SUPERFICIE ORIENTADA

[4]

Tabla G.1: Irradiancia solar media mensual (I_{sol}), en W/m^2.

MES	45°								30°								0°
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
ENERO	226	231	228	206	199	205	226	230	264	264	259	248	244	247	258	263	289
FEBRERO	224	219	199	163	146	163	199	218	249	243	225	203	194	203	226	243	252
MARZO	220	204	166	117	87	116	166	204	231	218	187	152	136	152	187	217	208
ABRIL	202	178	127	73	38	73	127	178	199	182	143	101	80	101	143	182	158
MAYO	182	156	101	49	29	48	100	156	172	154	112	70	47	69	111	154	123
JUNIO	158	133	81	36	26	36	81	133	147	130	90	52	33	52	90	130	99
JULIO	185	157	97	45	29	45	99	158	173	154	109	65	42	66	110	154	120
AGOSTO	203	176	121	64	33	65	121	177	197	178	135	91	68	91	136	178	150
SEPTIEMBRE	212	193	150	98	64	98	149	192	217	202	168	131	112	130	168	202	187
OCTUBRE	219	210	184	144	123	144	183	209	239	230	209	182	171	182	208	230	233
NOVIEMBRE	229	233	225	200	189	198	223	231	264	263	255	241	236	240	253	262	285
DICIEMBRE	219	226	228	214	211	215	230	227	259	261	260	255	255	256	261	262	293

RADIACIÓN SOLAR

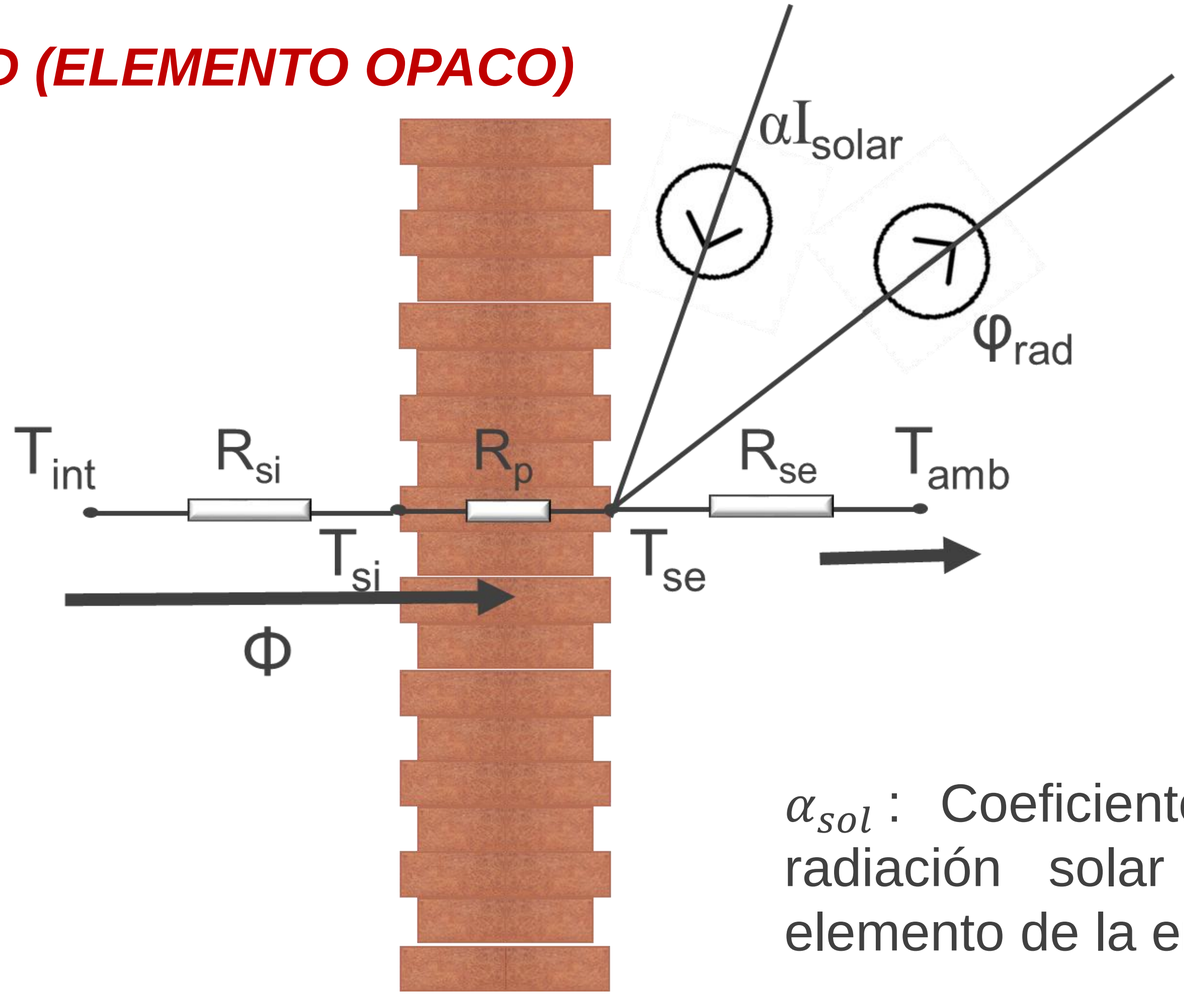
INTEGRACIÓN CON CONCEPTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

APLICACIÓN A UNA PARED (ELEMENTO OPACO)

$$R_{si} = \frac{1}{Ah_i}$$

$$R_p = \frac{e_p}{A\lambda_p}$$

$$R_{se} = \frac{1}{Ah_e}$$



α_{sol} : Coeficiente de absorción de la radiación solar de la superficie del elemento de la envolvente considerado.

RADIACIÓN SOLAR

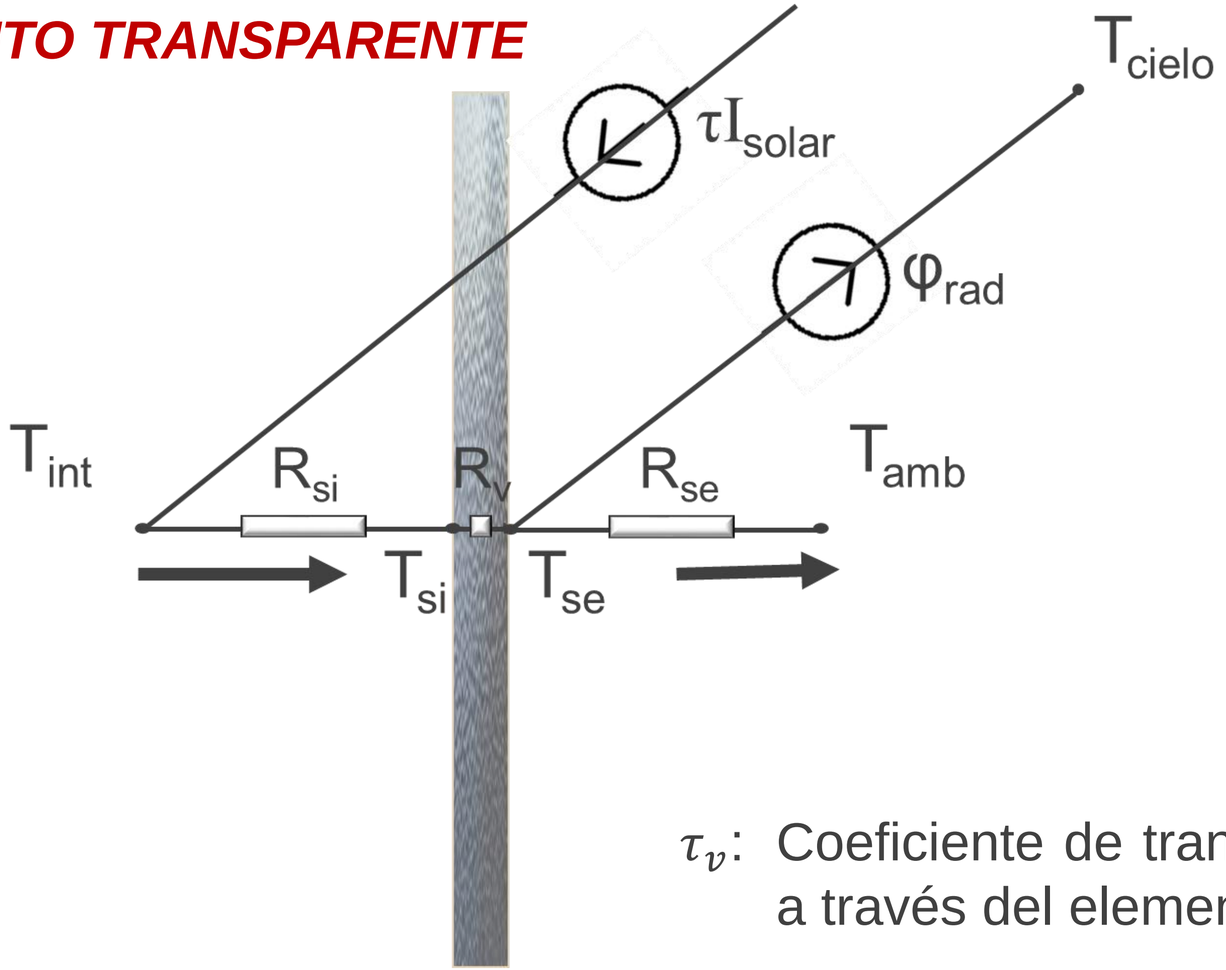
INTEGRACIÓN CON CONCEPTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

APLICACIÓN A UN ELEMENTO TRANSPARENTE

$$R_{si} = \frac{1}{Ah_i}$$

$$R_v = \frac{e_v}{A\lambda_v}$$

$$R_{se} = \frac{1}{Ah_e}$$



τ_v: Coeficiente de transmisión solar directa a través del elemento transparente.

II | FUNDAMENTOS BÁSICOS

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE REFERENCIA

[1] Dra. Abalone, R. y Dra. Gastón, A., Física II – Apuntes de cátedra. Rosario, 2018.
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario.

[2] Fowler, R. H., 1931.
Universidad de Cambridge.

[3] Grossi Gallegos, H. y Righini, R., “Atlas de energía solar de la República Argentina”. Buenos Aires, 2007.
Apoyado por la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES).

[4] Procedimiento de cálculo del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE). Rosario, 2016.
Secretaría de Estado de la Energía de la provincia de Santa Fe.

[5] De Paul, I. y Hoyos, D., “Emisividad infrarroja atmosférica y tipo de nubosidad” (Volumen 17). Salta, 2013.
Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES).

[6] Mills, A. F., “Transferencia de Calor”. Editorial Irwin, 1995.