
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.

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



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 una 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:

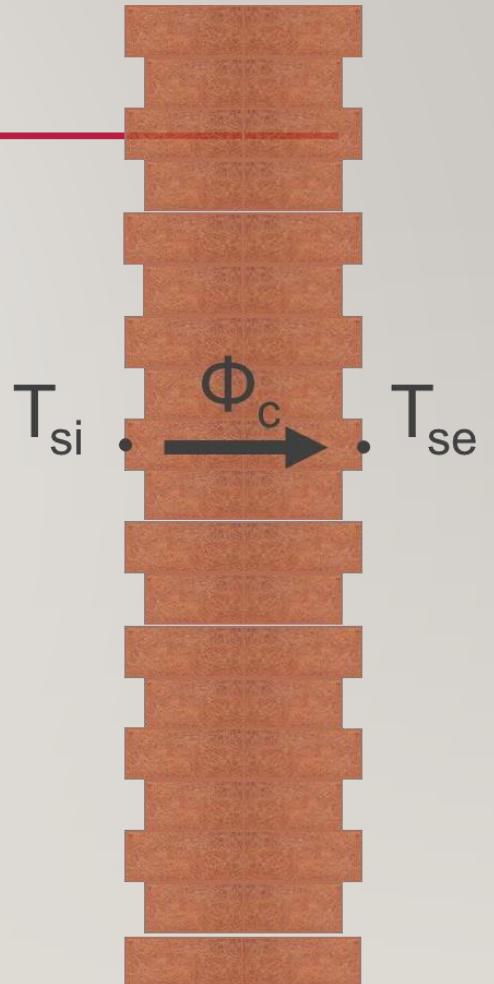
$$\Phi_{cond} = \frac{\lambda A}{e} (T_{si} - T_{se})$$

El flujo de calor o transferencia de calor Φ_{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

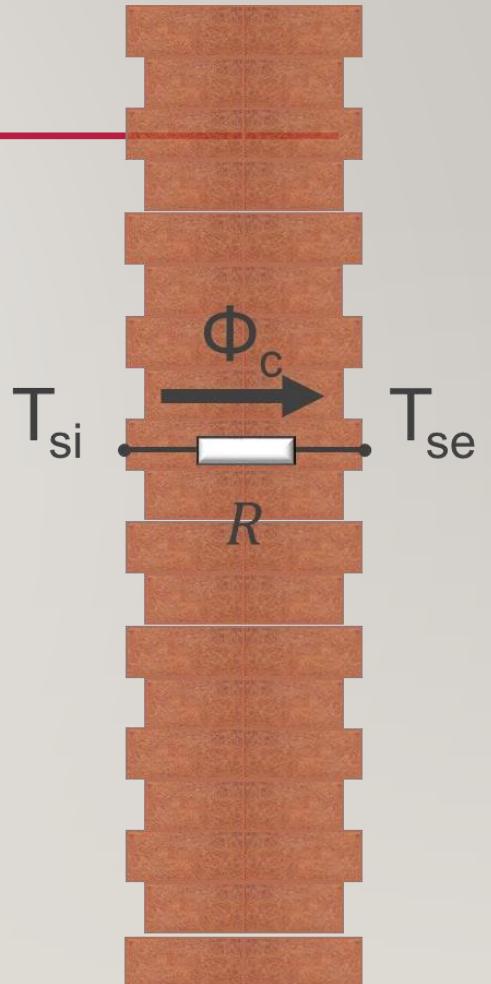
LEY DE FOURIER

El flujo de calor o transferencia de calor Φ_{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

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

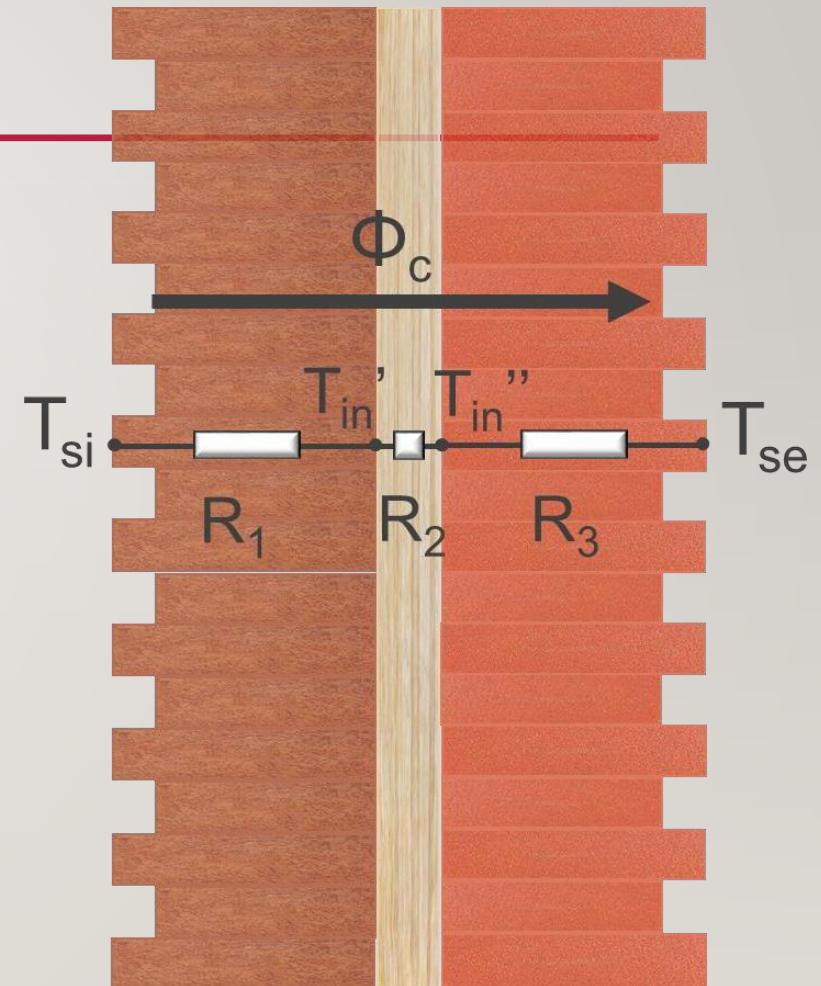
Para una pared compuesta por más de una capa, la resistencia térmica equivalente (R) será la suma de las resistencias de cada una de las capas individuales que componen la pared.

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_1 = \frac{e_1}{A\lambda_1}$$

$$R_2 = \frac{e_2}{A\lambda_2}$$

$$R_3 = \frac{e_3}{A\lambda_3}$$



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

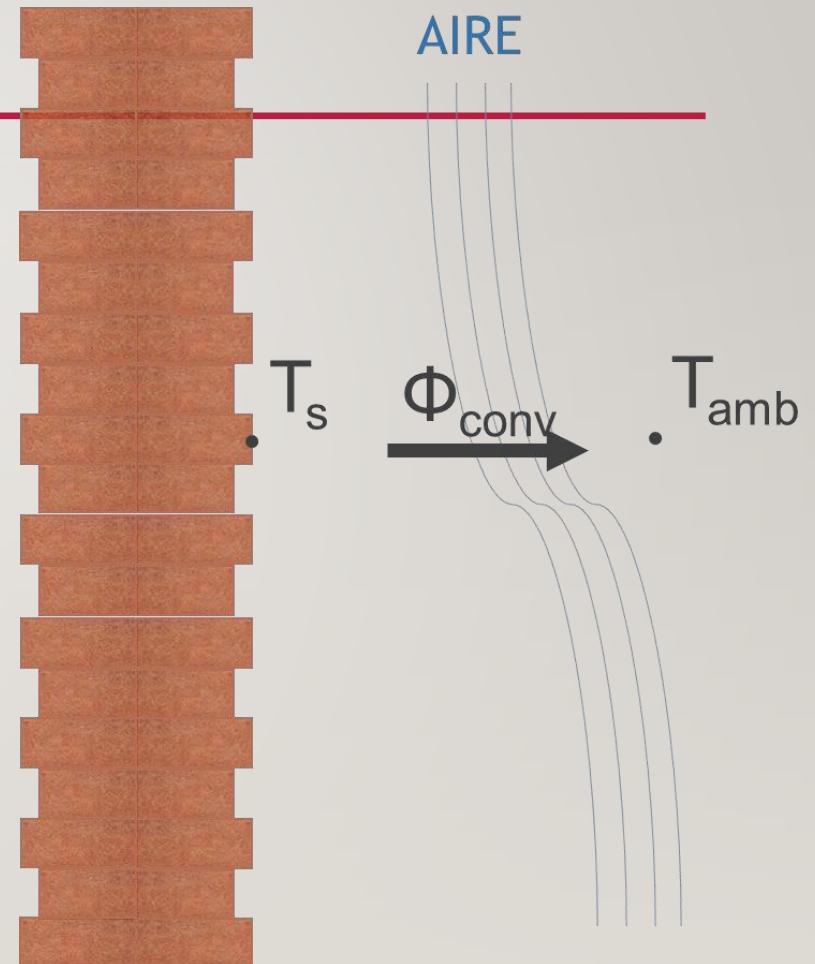
LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON

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

El flujo de calor por convección Φ_{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

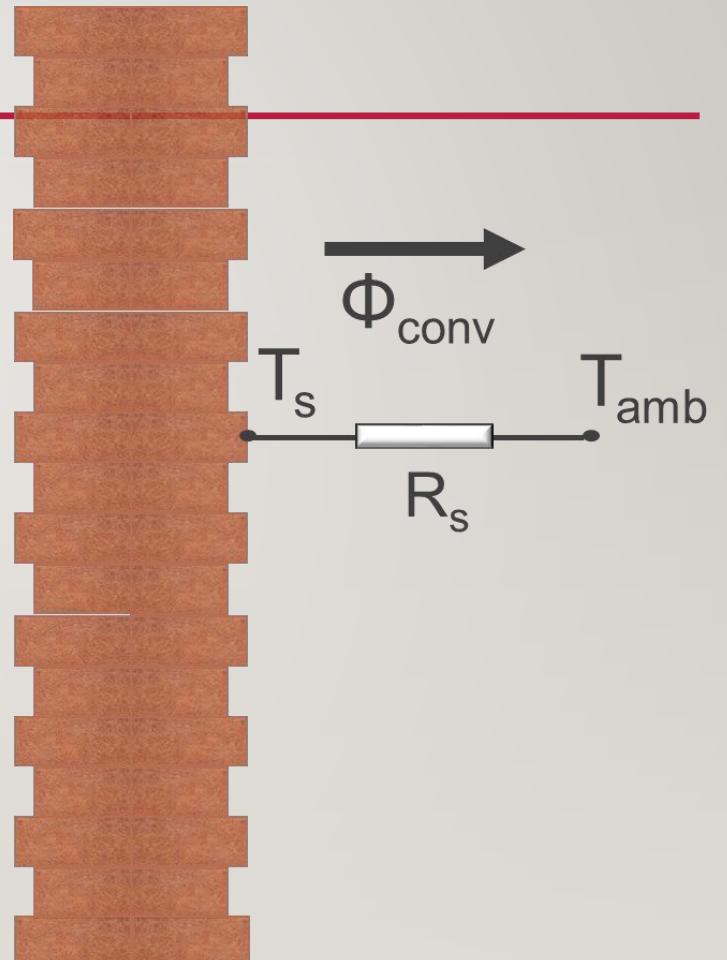
CONVECCIÓN

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.

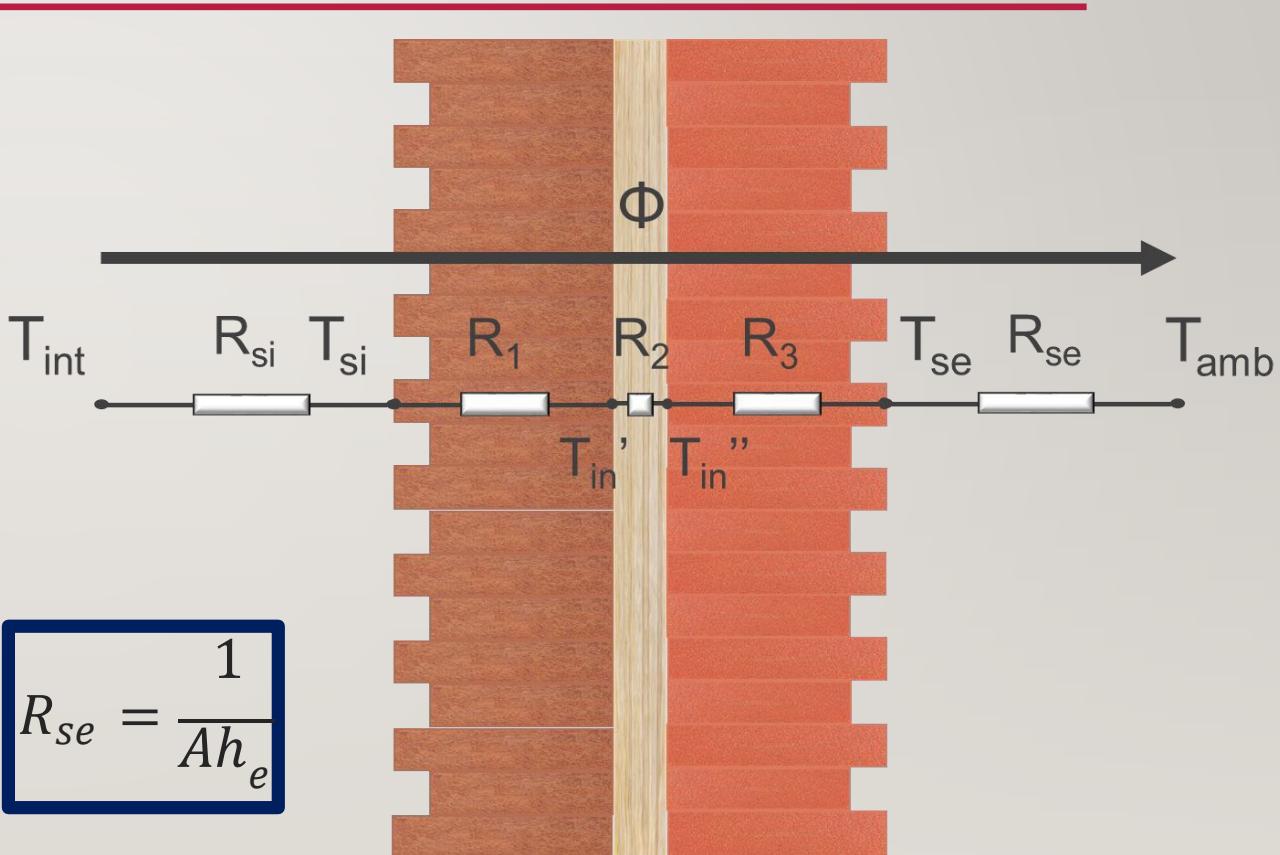
$$R_{si} = \frac{1}{Ah_i}$$

$$R_1 = \frac{e_1}{A\lambda_1}$$

$$R_2 = \frac{e_2}{A\lambda_2}$$

$$R_3 = \frac{e_3}{A\lambda_3}$$

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



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/m^2] 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 $5,67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$.

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

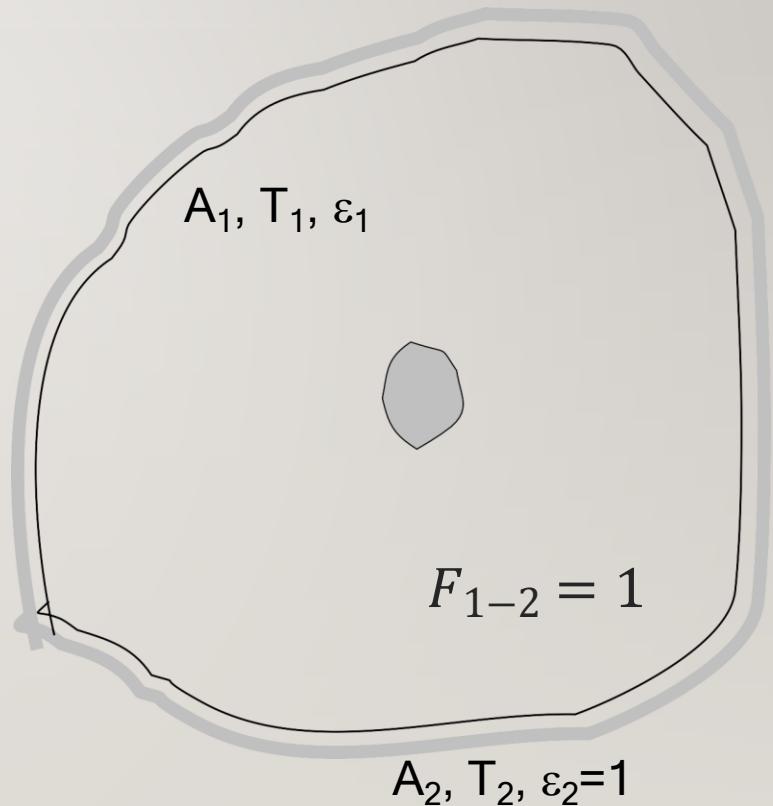
TRANSFERENCIA DE CALOR

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

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



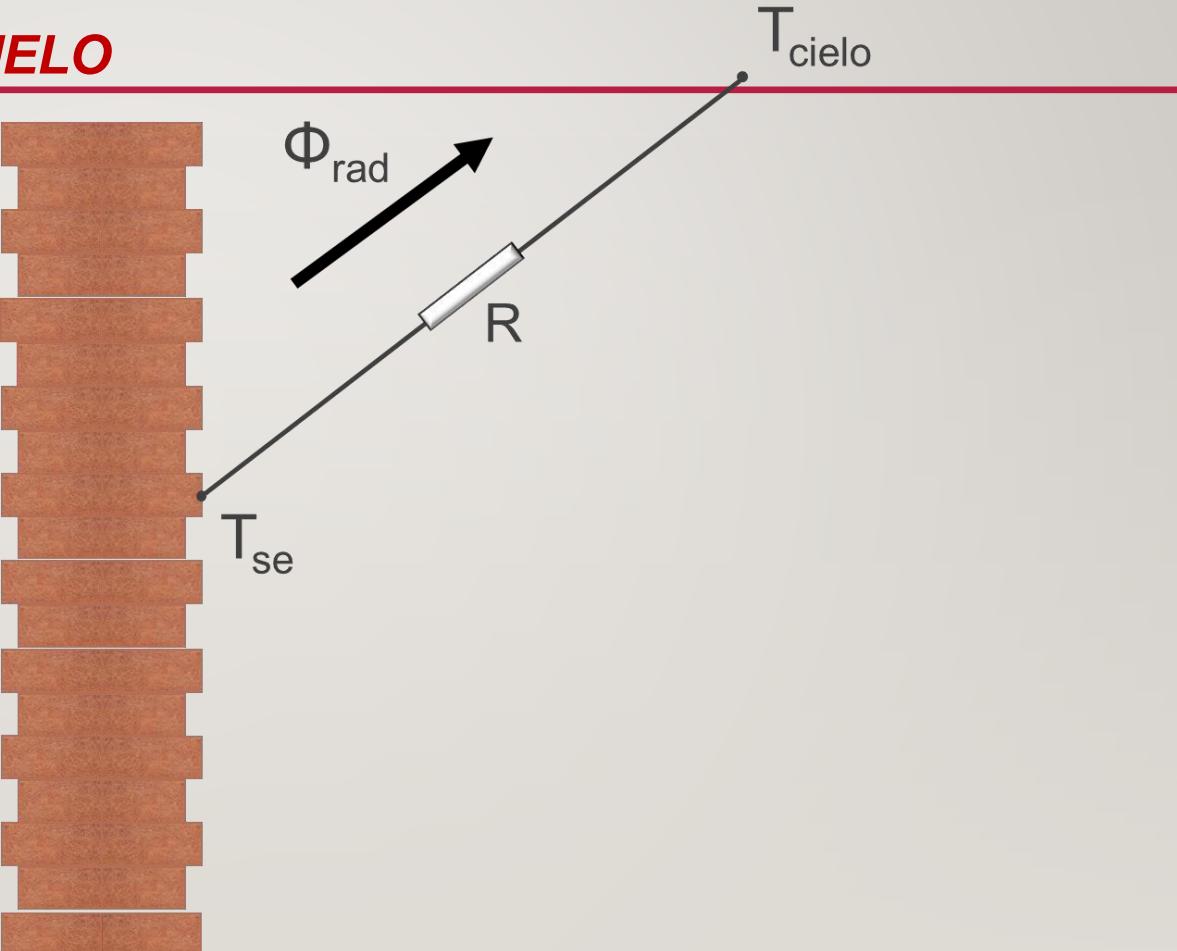
TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL CIELO

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

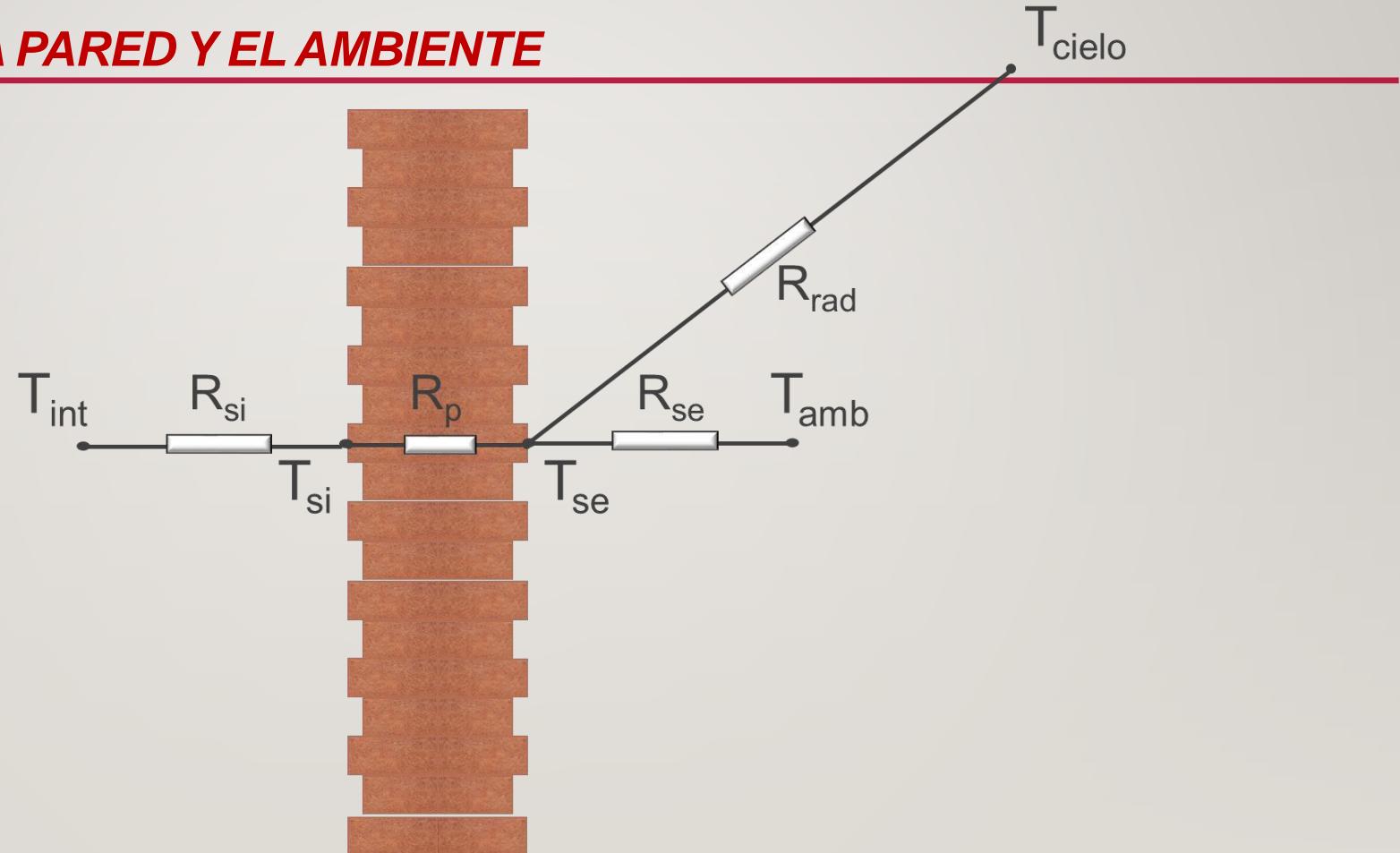
$$R_{rad} = \frac{1}{Ah_{rad}}$$



TRANSFERENCIA DE CALOR

RADIACIÓN

INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL AMBIENTE

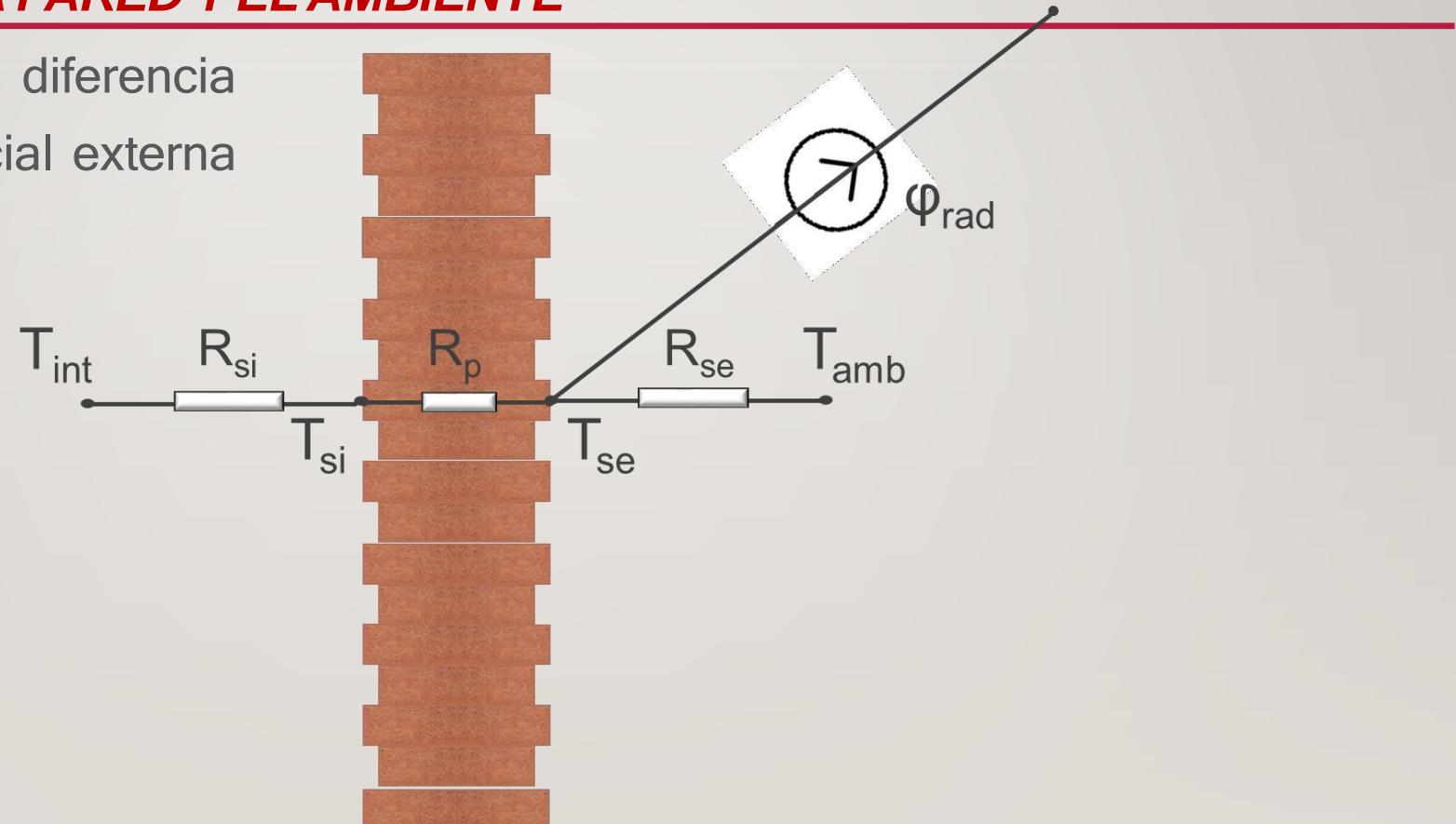


TRANSFERENCIA DE CALOR

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.





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.