



# 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 40°C?***

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:

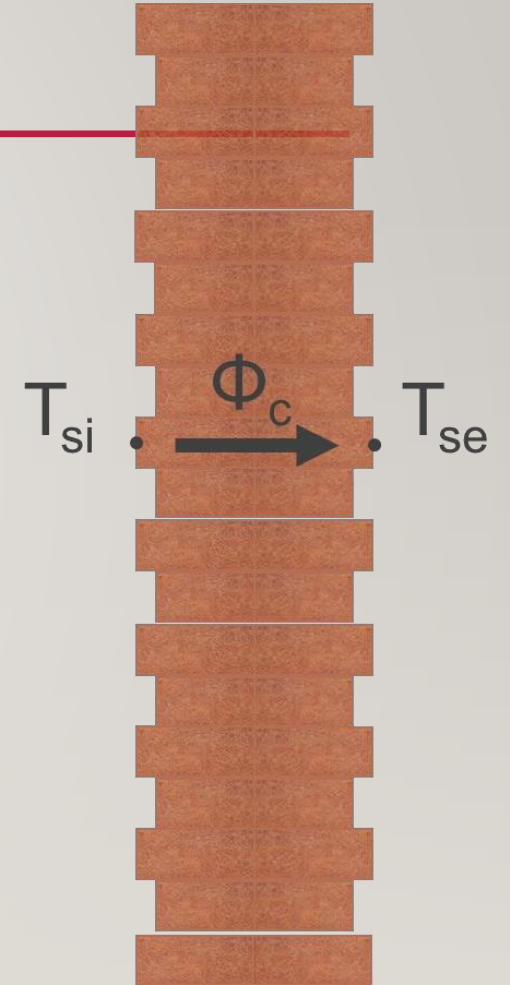
$$\Phi_{cond} = \frac{\lambda A}{e} (T_{si} - T_{se})$$

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

Siendo  $\lambda$ : 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

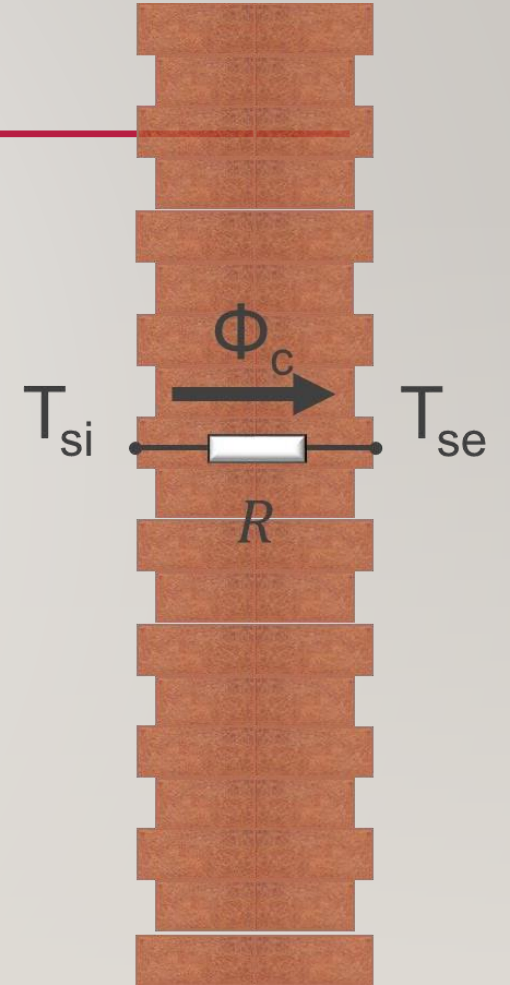
### LEY DE FOURIER

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

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

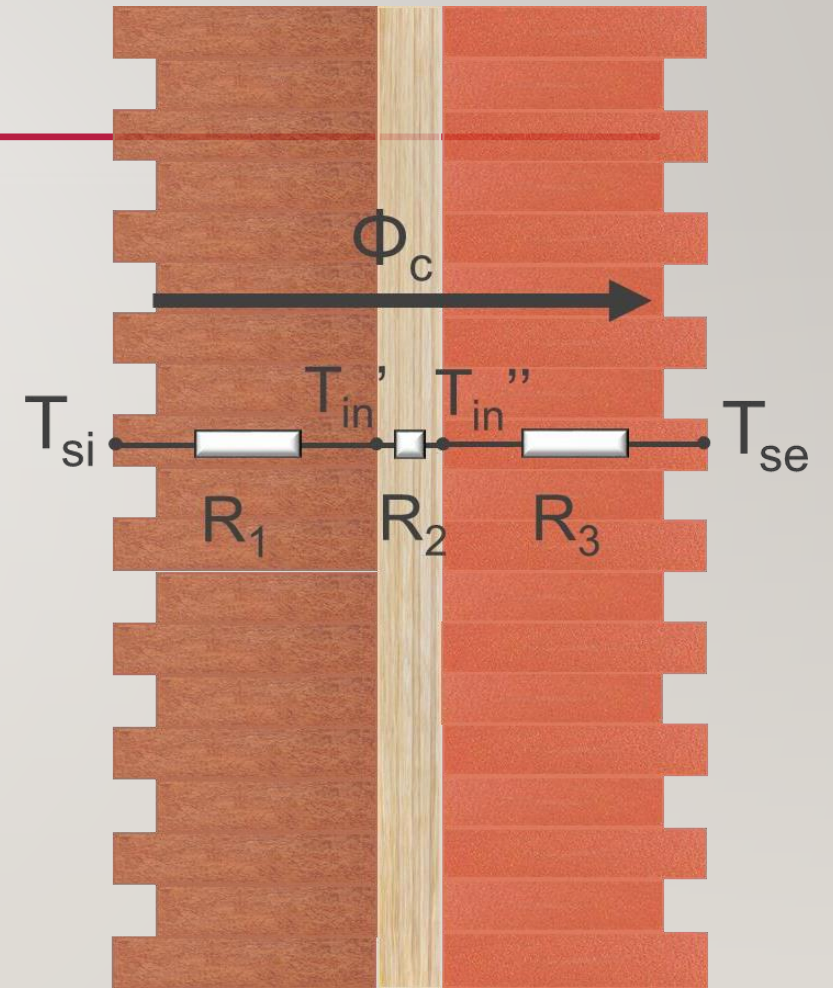
Para una pared compuesta por más de una capa, la resistencia térmica equivalente ( $R$ ) será la suma de las resistencias de cada una de las capas individuales que componen la pared.

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

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

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

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



# 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

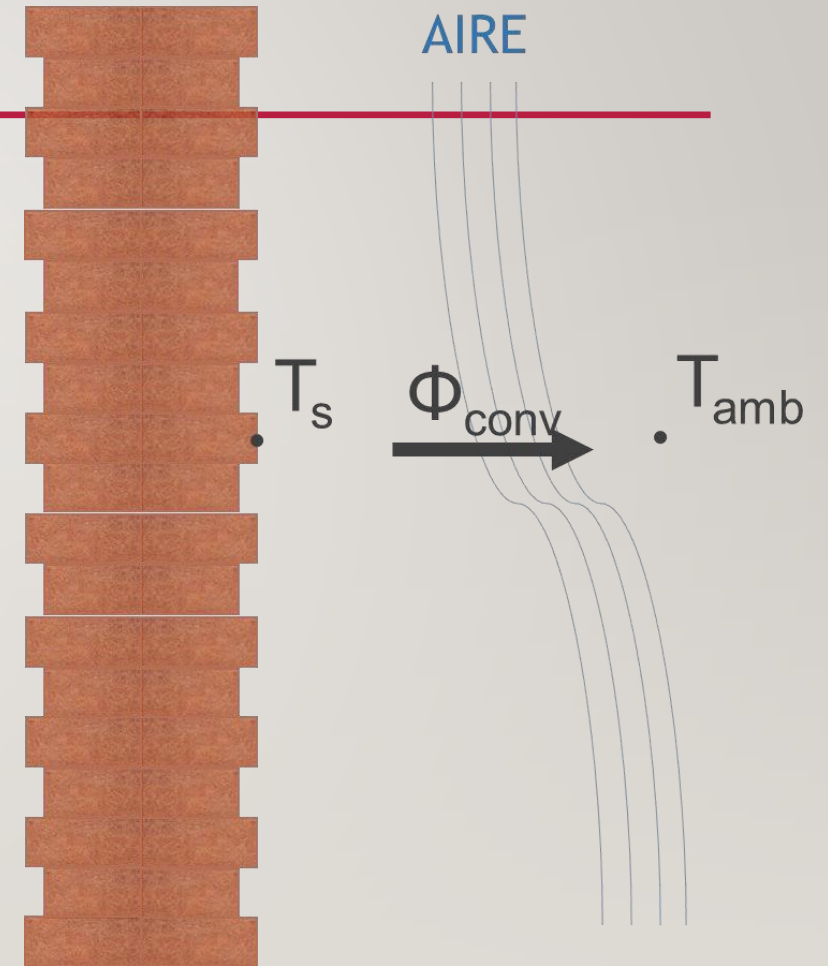
### LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON

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

El flujo de calor por convección  $\Phi_{conv}$  [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

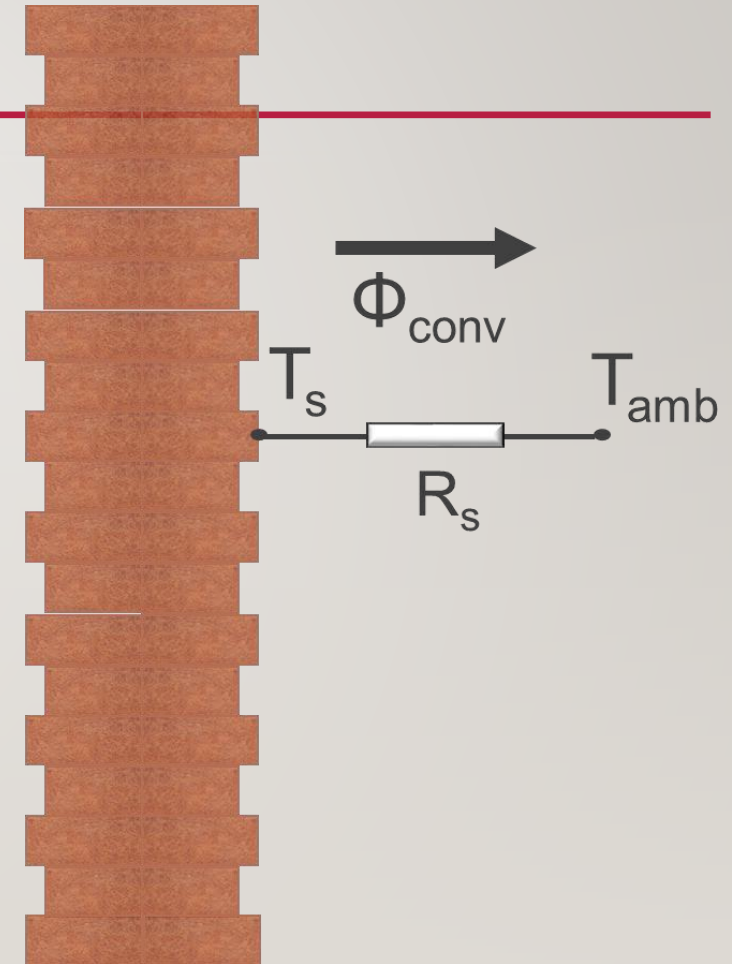
## CONVECCIÓN

### 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.

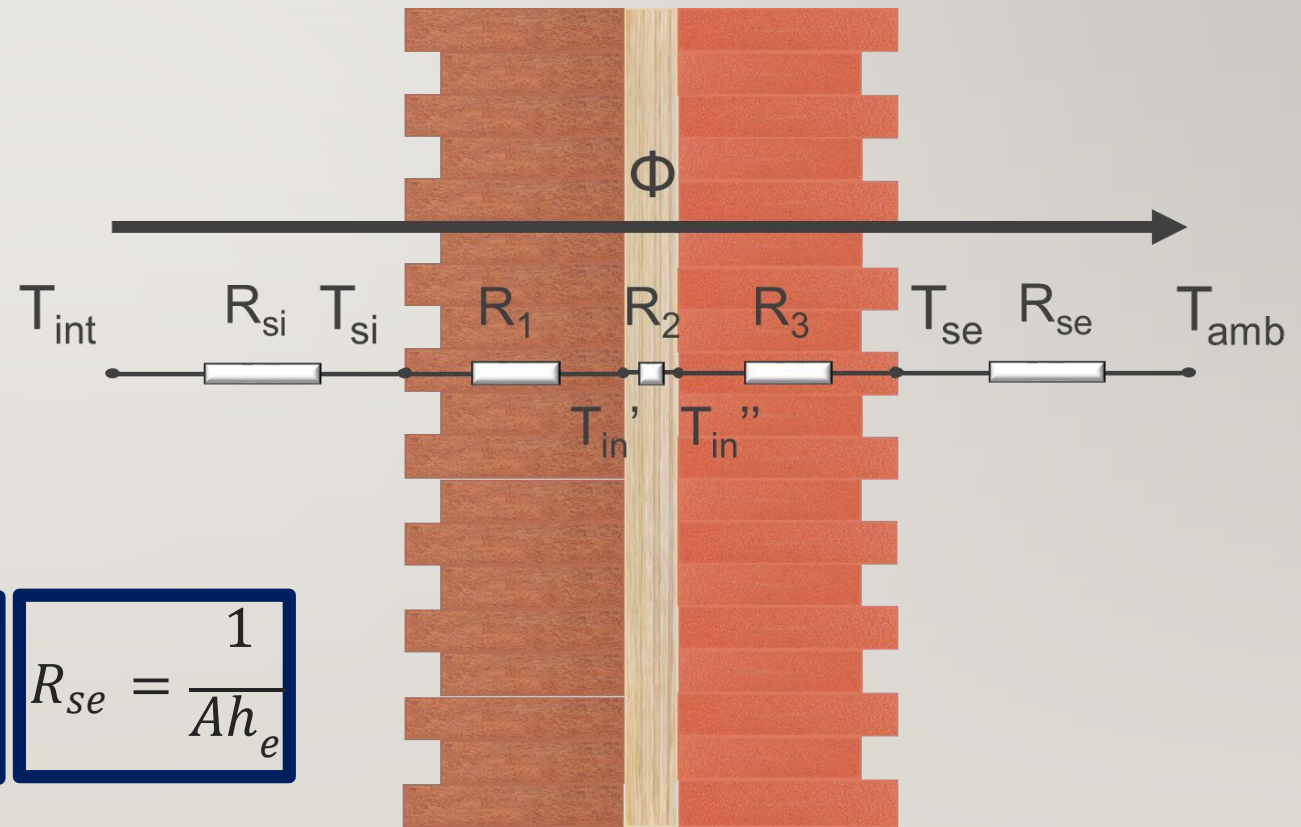
$$R_{si} = \frac{1}{Ah_i}$$

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

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

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

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



# 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,  $K$ .

$\sigma$ : 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**.



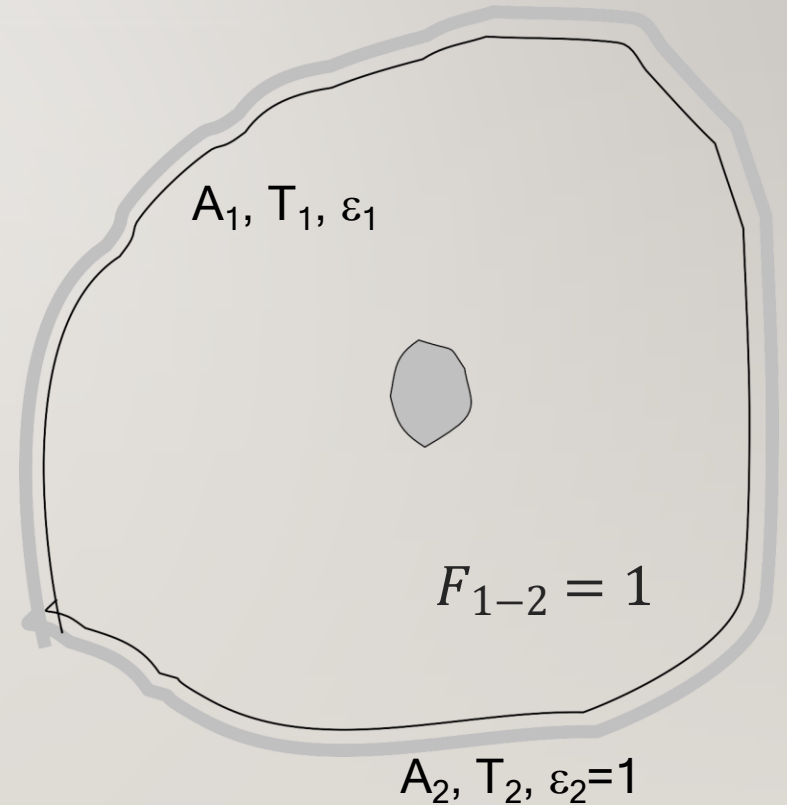
# TRANSFERENCIA DE CALOR

## 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:

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

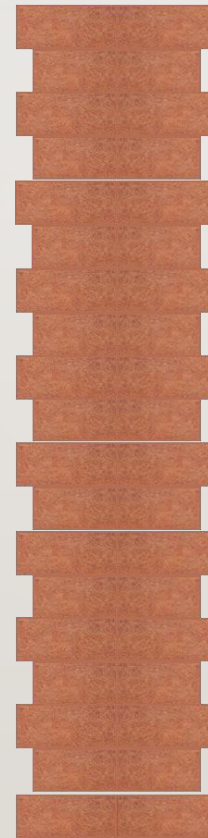


# TRANSFERENCIA DE CALOR

## RADIACIÓN

### INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL CIELO

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



$T_{se}$



$T_{cielo}$

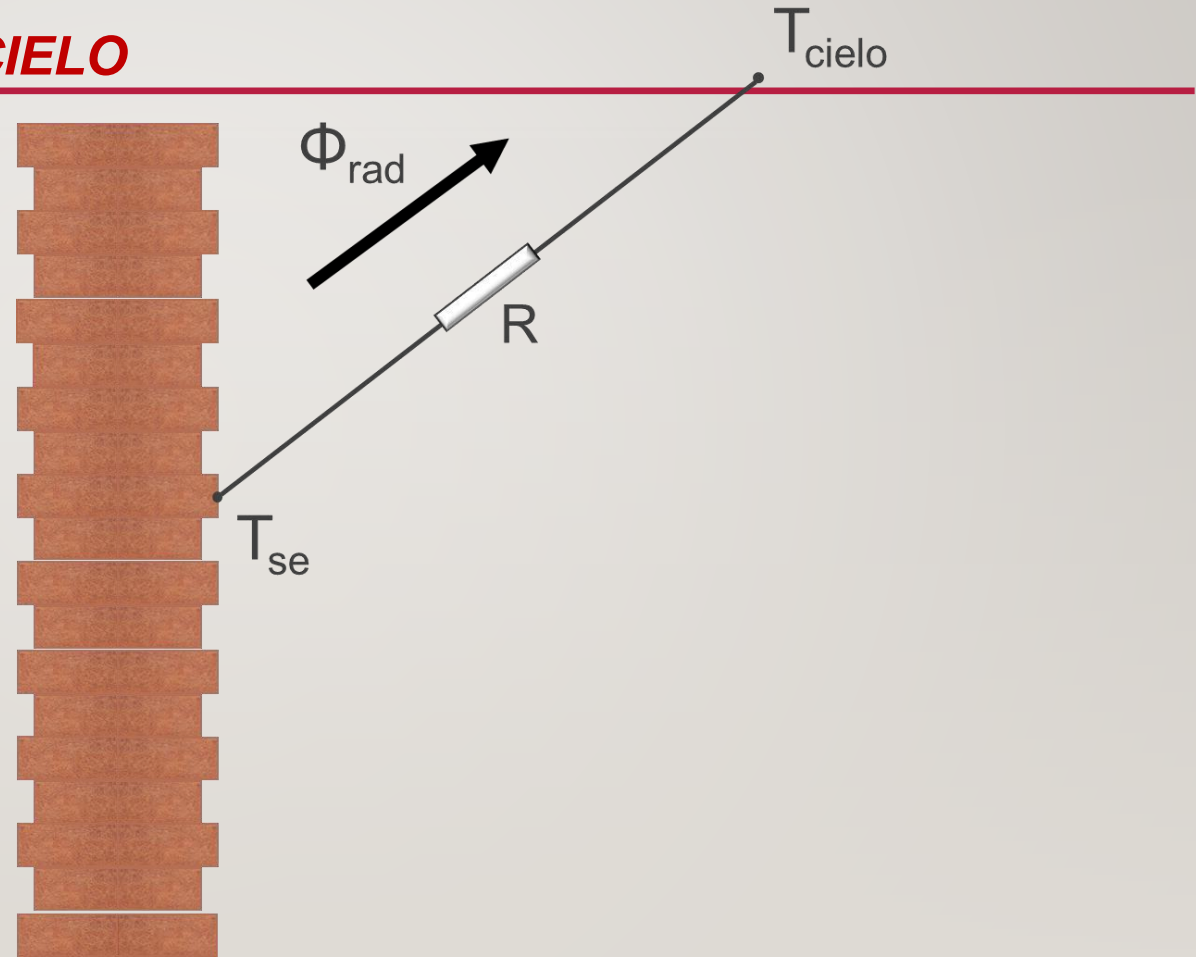
# TRANSFERENCIA DE CALOR

## RADIACIÓN

### INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL CIELO

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

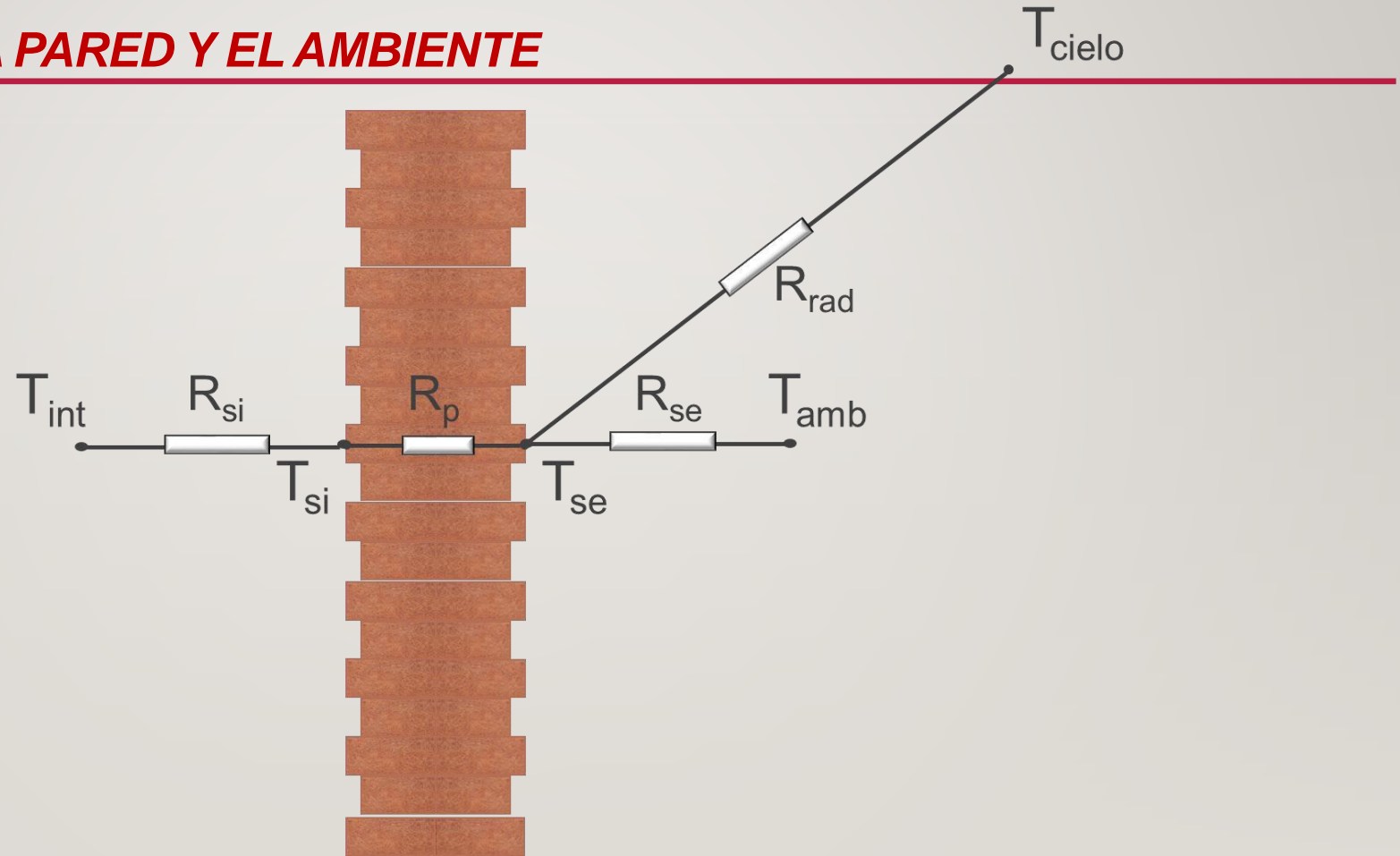
$$R_{rad} = \frac{1}{Ah_{rad}}$$



# TRANSFERENCIA DE CALOR

## *RADIACIÓN*

### ***INTERCAMBIO ENTRE UNA PARED Y EL AMBIENTE***

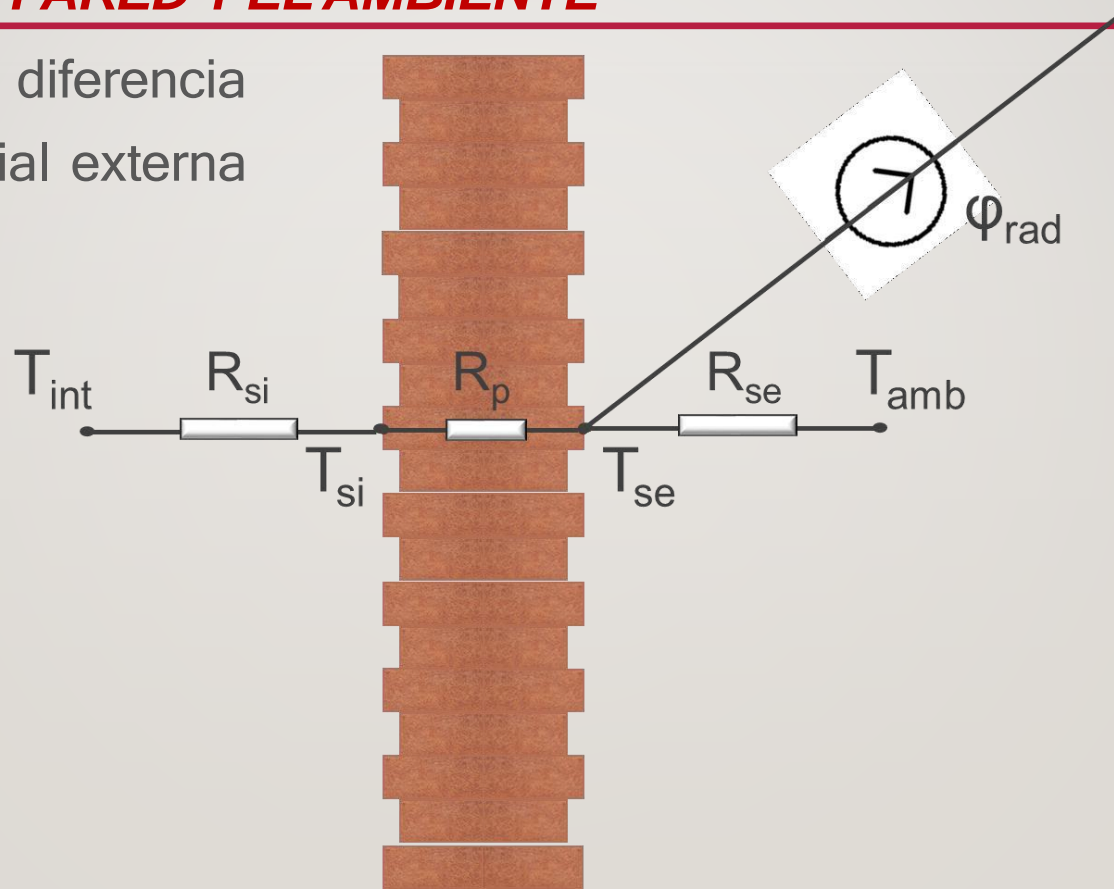


# TRANSFERENCIA DE CALOR

## *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.

