

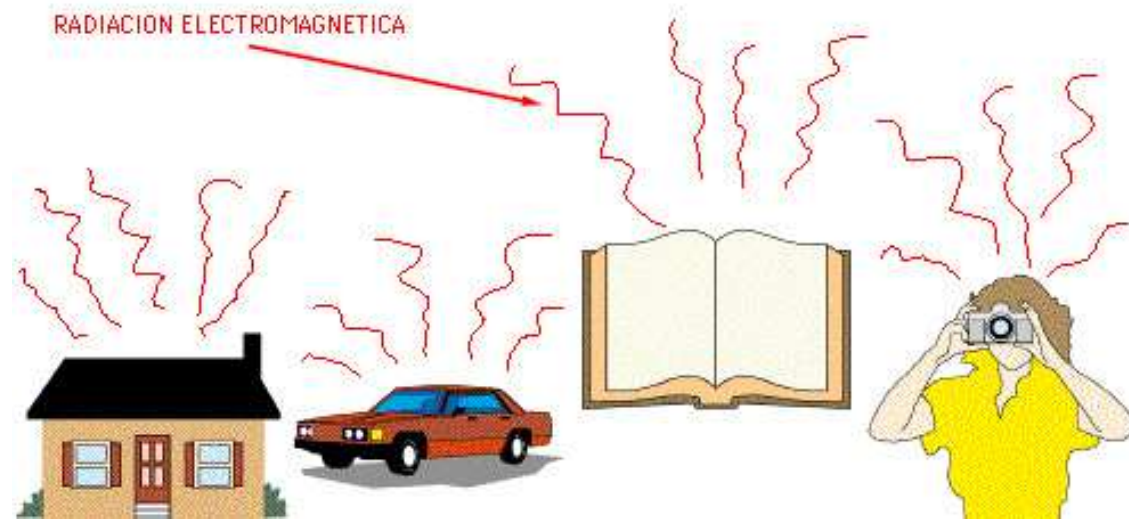


RADIACIÓN

Realizado por:
Prof. Mirleth Rodríguez

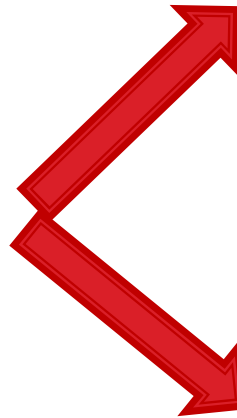
RADIACIÓN

Energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones), como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas.



RADIACIÓN

TODA MATERIA TIENE
RADIACIÓN A CAUSA DE:



Transición
de electrones

Pierde de energía
Emite radiación

Gana de energía
Absorbe radiación

Oscilación
de electrones

Choques o
vibraciones

Aumento de la
Temperatura

SE PROPAGA A LA VELOCIDAD DE LA LUZ

$$C = \lambda \nu$$

C: velocidad de la luz

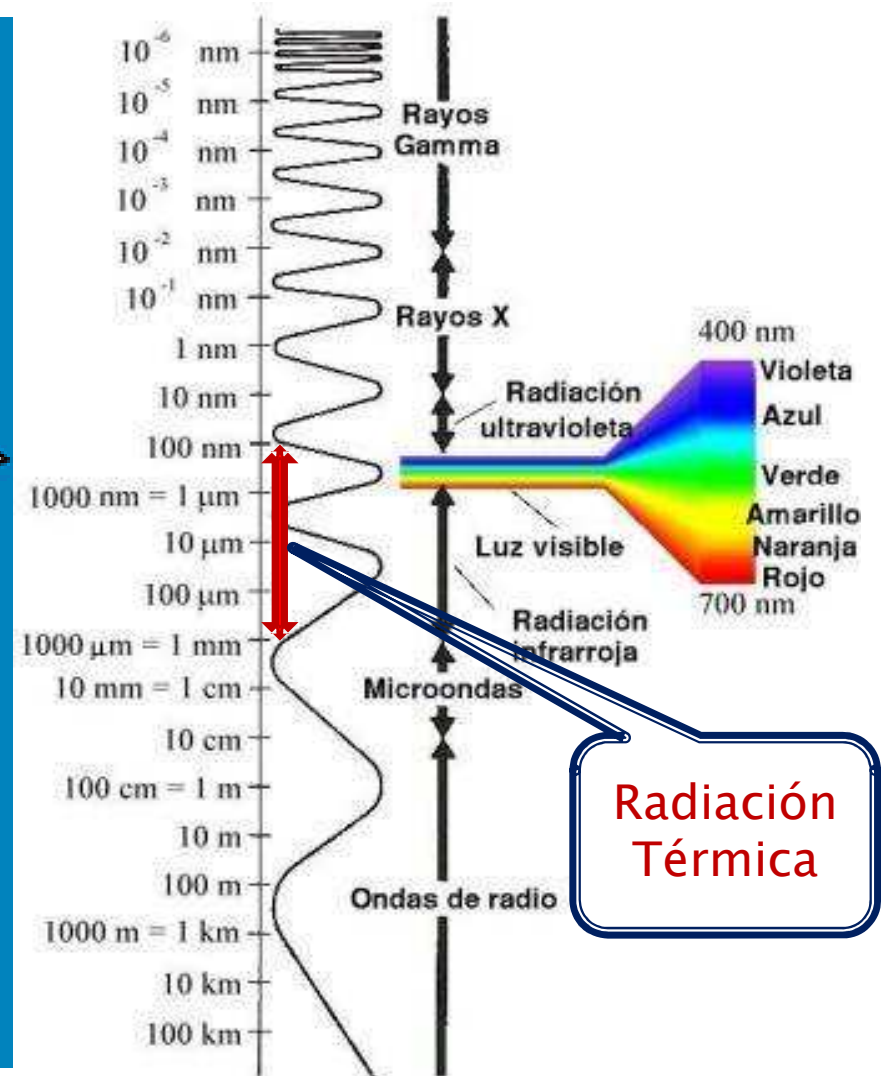
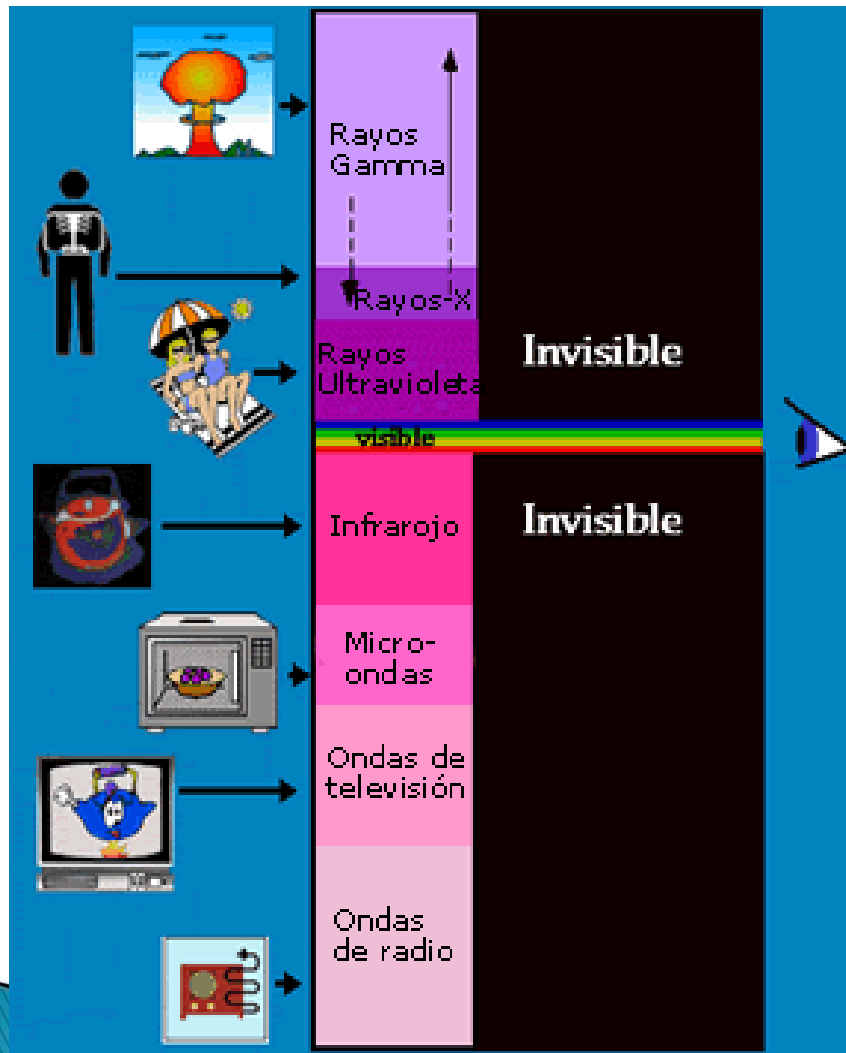
$C_0 = 2,998 \times 10^8$ m/s (vacío)

λ : longitud de onda (μm)

ν : frecuencia

Realizado por: Prof. Mirleth Rodríguez

TIPOS DE RADIACIÓN



Realizado por: Prof. Mirleth Rodríguez

RADIACIÓN TÉRMICA

Radiación emitida por la materia como resultado de su temperatura finita.

- ▶ Se atribuye a los cambios de configuraciones electrónicas.
- ▶ Se propaga a través de ondas electromagnéticas o fotones.
- ▶ No requiere la presencia de un medio para propagarse (es más eficiente en espacios con alto vacío).
- ▶ Es la parte intermedia en el espectro (0,1 a 100 μm), incluye parte de la UV y todo el visible y el infrarrojo (IR).

RADIACIÓN TÉRMICA

▶ BALANCE DE ENERGÍA

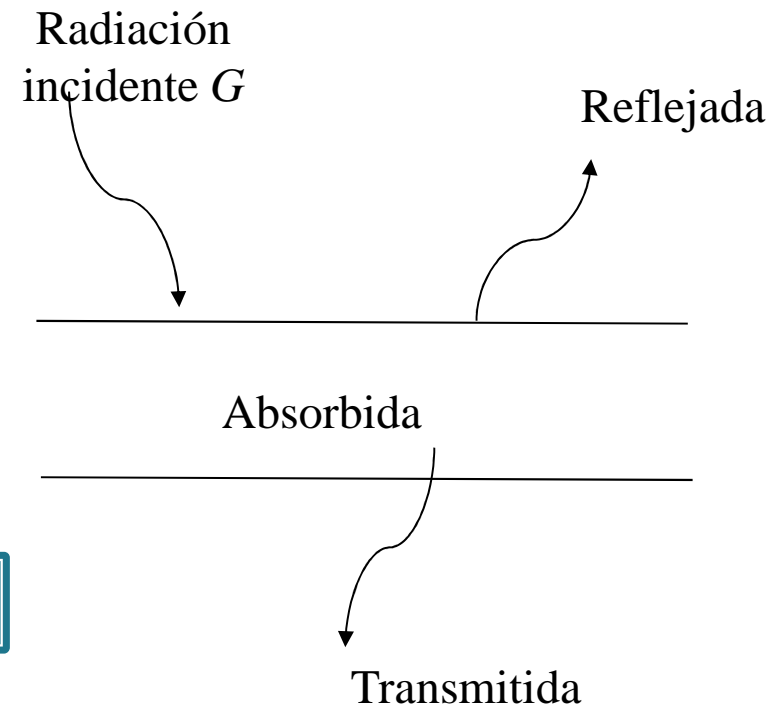
$$G = A + T + R$$

$$I = \alpha + \tau + \rho$$

Absortividad

Reflectividad

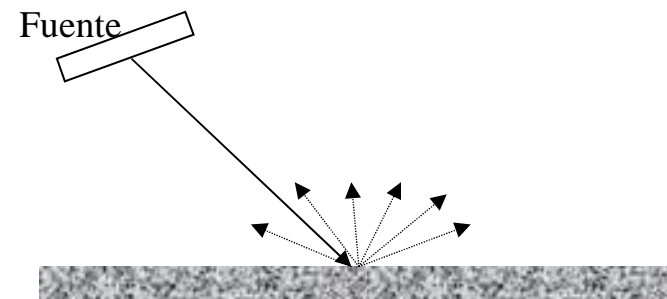
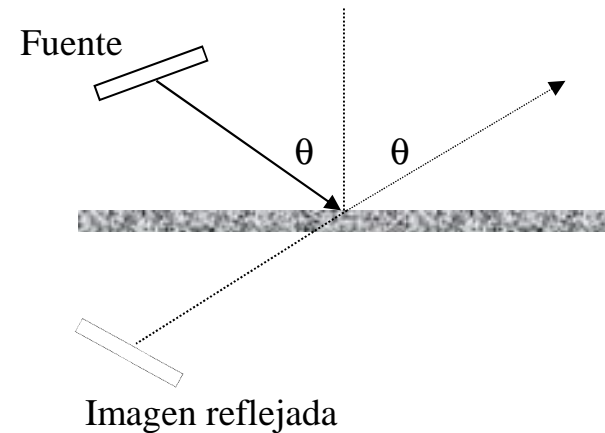
Transmitancia



RADIACIÓN TÉRMICA

▶ TIPOS DE REFLEXIÓN

- Especular: cuando el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.
- Difusa: cuando un rayo incidente se distribuye uniformemente en todas las direcciones después de la reflexión.



RADIACIÓN TÉRMICA

- ▶ *Intensidad de radiación (I):* radiación emitida por unidad de área y por unidad de ángulo sólido, en una dirección determinada.
- ▶ *Potencia emisiva (E):* cantidad de radiación emitida desde una superficie por unidad de área
 - *Espectral ($E_\lambda [W/m^2 \mu m]$):* a una longitud de onda λ y en todas las direcciones.

$$E_\lambda(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,e}(\lambda, \theta, \phi) \cos \theta \sin \theta \, d\theta \, d\phi$$

RADIACIÓN TÉRMICA

- *Total ($E [W/m^2]$): en todas las longitudes de onda y direcciones posibles.*

$$E = \int_0^{\infty} E_{\lambda}(\lambda) d\lambda$$

- ▶ **RADIOSIDAD(J):** radiación que sale de una superficie desde todas las direcciones.
 - *Spectral ($J_{\lambda} [W/m^2 \mu m]$)*

$$J_{\lambda}(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda, e+r}(\lambda, \theta, \phi) \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi$$

RADIACIÓN TÉRMICA

- *Total* (J [W/m^2])

$$J = \int_0^{\infty} J_{\lambda}(\lambda) d\lambda$$

- ▶ *Irradiación* (G): radiación incidente sobre una superficie desde todas las direcciones.

- *Spectral* (G_{λ} [$\text{W}/\text{m}^2 \mu\text{m}$])

$$G_{\lambda}(\lambda) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_{\lambda,l}(\lambda, \theta, \phi) \cos\theta \sin\theta d\theta d\phi$$

- *Total* (G [W/m^2])

$$G = \int_0^{\infty} G_{\lambda}(\lambda) d\lambda$$

RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

Es una superficie ideal con las siguientes características:

- ▶ Absorbe toda la radiación incidente, sin importar dirección ni longitud de onda.
- ▶ Ninguna superficie puede emitir más energía que un cuerpo negro .
- ▶ La radiación emitida es independiente de la dirección (emisor difuso)

RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

▶ DISTRIBUCIÓN DE PLANCK

Max Planck estudiante en la Universidad de Munich, trabajó en buscar la manera de derivar la curva de radiación térmica, partiendo de una teoría de absorción y emisión de radiación de la materia, encontrando la distribución espectral de emisión de un cuerpo negro.

$$I_{\lambda,b}(\lambda, T) = \frac{2hc_o^2}{\lambda^2 [\exp(hc_o / \lambda kT) - 1]}$$

$$h = 6,6256 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

Constante de Planck

$$k = 1,3805 \times 10^{-23} \text{ J / K}$$

Constante de Boltzmann

$$c_o = 2,998 \times 10^8 \text{ m / s}$$

Velocidad de la luz en el vacío

RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

▶ DISTRIBUCIÓN DE PLANCK

La distribución espectral en este caso por ser un emisor difuso queda:

$$E_{\lambda,b}(\lambda,T) = \pi I_{\lambda,b}(\lambda,T) = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]}$$

$$C_1 = 2\pi^5 hc_o^2 = 3,742 \times 10^8 \frac{W\mu m^4}{m^2}$$

$$C_2 = \frac{hc_o}{k} = 1,439 \times 10^4 \mu m K$$

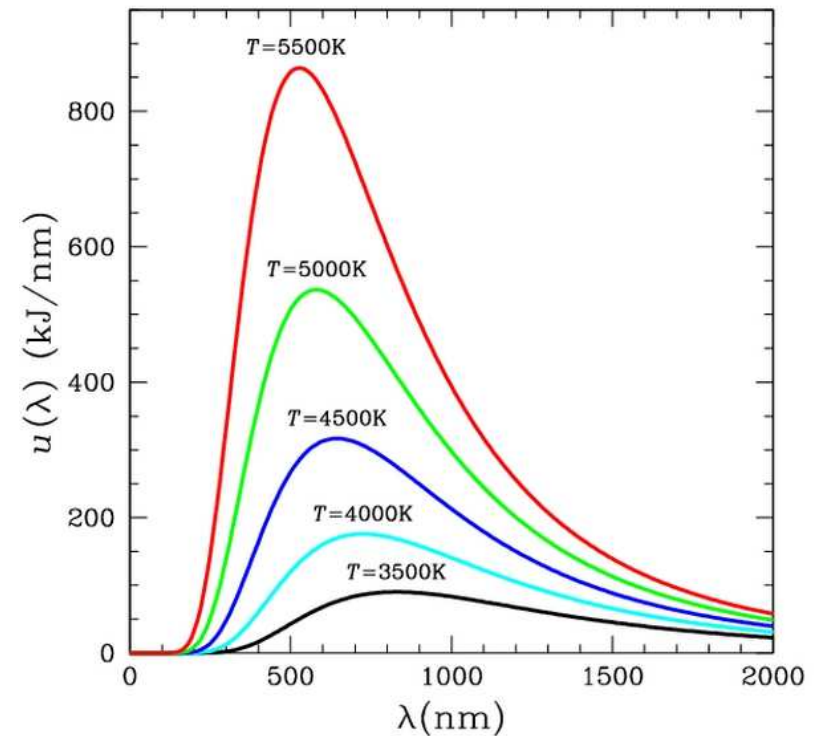
RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

▶ LEY DE DESPLAZAMIENTO DE WIEN

Hay una relación inversa entre la longitud de onda en la que se produce el pico de emisión de un cuerpo negro y su temperatura

$$\lambda_{\max} T = C_3$$
$$C_3 = 2897,8 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

Se obtiene la longitud de onda a la cual el cuerpo negro emite su máxima energía



RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

▶ LEY DE STEFAN-BOLTZMANN

Si un cuerpo negro radia energía, la radiación total puede ser determinada por la ley de Planck, dando como resultado que la potencia emisiva es proporcional a la temperatura absoluta elevada a la cuarta potencia.

$$E_b = \sigma T^4$$

$\sigma = 5,669 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$
Constante de Stefan-Boltzmann

La intensidad se puede calcular:

$$I_b = E_b / \pi$$

Emisor difuso

RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

▶ BANDAS DE EMISIÓN

Fracción de la radiación emitida en el rango de longitud de onda desde 0 hasta λ con respecto a la emisión total.

$$F_{0 \rightarrow \lambda} = \frac{\int_0^{\lambda} E_{\lambda,b} d\lambda}{\int_0^{\infty} E_{\lambda,b} d\lambda} = \frac{\int_0^{\lambda} E_{\lambda,b} d\lambda}{\sigma T^4} = \int_0^{\lambda T} \frac{E_{\lambda,b} d(\lambda T)}{T^5} = f(\lambda T)$$

Los valores de F están tabulados a diferentes longitudes de onda

$$F_{\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{\int_0^{\lambda_2} E_{\lambda,b} d\lambda - \int_0^{\lambda_1} E_{\lambda,b} d\lambda}{\sigma T^4} = F_{0 \rightarrow \lambda_2} - F_{0 \rightarrow \lambda_1}$$

RADIACIÓN EN SUPERFICIES REALES

Emisividad (ε): propiedad radiactiva superficial definida como la razón de la radiación emitida por la superficie a la radiación emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura.

$$\varepsilon_{\lambda}(\lambda T) = \frac{E_{\lambda}(\lambda T)}{E_{\lambda,b}(\lambda T)}$$

$$\varepsilon(T) = \frac{\int_0^{\infty} \varepsilon_{\lambda}(\lambda T) E_{\lambda,b}(\lambda T) d\lambda}{E_b(T)}$$

RADIACIÓN EN SUPERFICIES REALES

- ▶ Baja para superficies metálicas (0,02 para oro y plata).
- ▶ La presencia de óxido aumenta la emisividad.
- ▶ Alta para no conductores ($\geq 0,6$).
- ▶ Si T aumenta
 - ε { Aumenta (conductores)
 - { Aumenta o disminuye (no conductores)
- ▶ Depende de la naturaleza de la superficie.

RADIACIÓN EN SUPERFICIES REALES

Ley de Kirchhoff

Si un cuerpo (o superficie) está en equilibrio termodinámico con su entorno, su emisividad es igual a su absorbancia ($\varepsilon = \alpha$)

En un recinto grande a T_s dentro del cual se encuentran varios cuerpos pequeños, la irradiación experimentada por cualquier cuerpo es igual a la emisión de un cuerpo negro.

$$G = E_b(T_s)$$

RADIACIÓN EN SUPERFICIES REALES

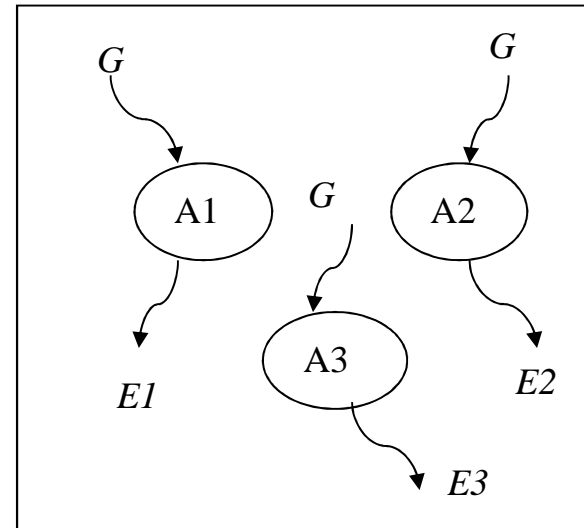
Balance de energía

$$\alpha_1 G_1 A_1 - E_1(T_s) A_1 = 0$$

$$\rightarrow \frac{E_1(T_s)}{\alpha_1} = G = E_b(T_s)$$

$$\rightarrow \frac{E_1(T_s)}{\alpha_1} = \frac{E_2(T_s)}{\alpha_2} = \frac{E_3(T_s)}{\alpha_3} = \dots = E_b(T_s)$$

$$\rightarrow \frac{\epsilon_1}{\alpha_1} = \frac{\epsilon_2}{\alpha_2} = \frac{\epsilon_3}{\alpha_3} = \dots = 1$$



RADIACIÓN SOLAR



El sol es una fuente de radiación casi esférica ($1,39 \times 10^9 \text{m}$ de diámetro) y se localiza a $1,50 \times 10^{11} \text{m}$ de la tierra.

- ▶ La irradiación $G_{s,o}$ depende de la latitud, del tiempo del día y del año.

$$G_{s,o} = S_c f \cos \theta$$

$S_c = 1353 \text{ W/m}^2$ (cuando la tierra está a la distancia media del sol)
Constante solar. Flujo de energía incidente sobre una superficie normal a los rayos solares

$0,97 \leq f \leq 1,03$
Factor de corrección. Toma en cuenta la excentricidad de la tierra alrededor del sol

RADIACIÓN SOLAR

- ▶ La distribución espectral se aproxima a la de un cuerpo negro a 5800 K y se concentra en la longitud de onda corta ($0,2 \leq \lambda \leq 3 \mu\text{m}$).
- ▶ Su magnitud y distribuciones cambian al pasar a través de la atmosfera debido a la absorción y dispersión de la radiación por los constituyentes atmosféricos.
- ▶ En la radiación ambiental se incluyen tanto la emisión de ciertos constituyentes atmosféricos como la de la superficie terrestre.
- ▶ La emisión atmosférica (CO_2 y H_2O) se concentra entre $5 \leq \lambda \leq 8 \mu\text{m}$ y por encima de $13 \mu\text{m}$

RADIACIÓN SOLAR

- ▶ La potencia emisiva de la superficie terrestre se puede calcular:

$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

$$\varepsilon \approx 0,97$$

$$250 \leq T \leq 350 \text{ K}$$

$$4 \leq \lambda \leq 40 \mu\text{m}$$

- ▶ La irradiación de la tierra debida a la emisión atmosférica se expresa:

$$G_{atm} = \sigma T_{cielo}^4$$

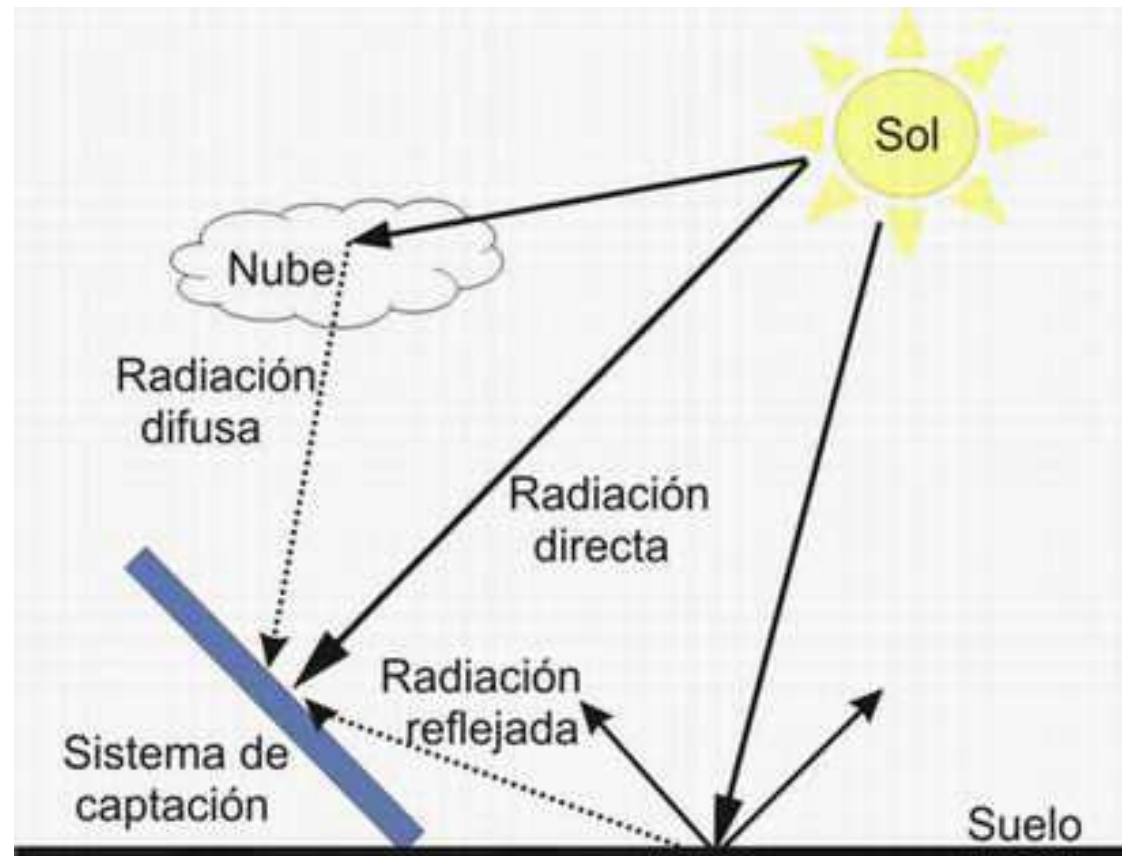
T_{cielo} : temperatura efectiva del cielo

$$T_{cielo} < 230 \text{ K} \quad \text{Claro y frío}$$

$$T_{cielo} > 285 \text{ K} \quad \text{nublado y caliente}$$

RADIACIÓN SOLAR

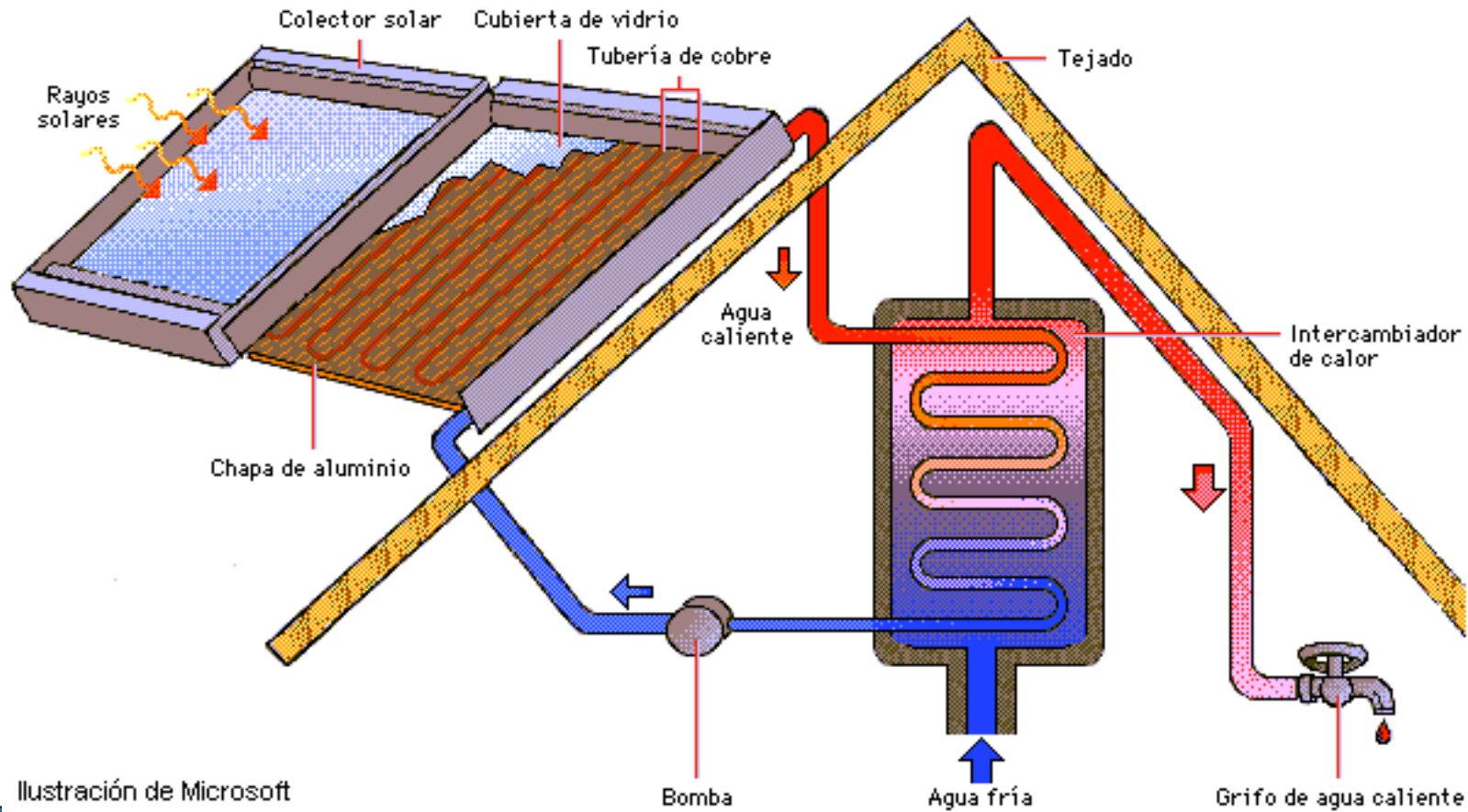
APLICACIONES. Colector solar



Realizado por: Prof. Mirleth Rodríguez

RADIACIÓN SOLAR

APLICACIONES. Colector solar



RADIACIÓN

▶ EJEMPLO 1

Una placa de vidrio cuadrada de 30 cm de lado, se usa para ver la radiación de un horno. La transmitancia del vidrio es 0,5 desde 0,2 a 3,5 μm (cero en cualquier otra longitud de onda). La emisividad es 0,3 hasta 3,5 μm y 0,9 por encima de este valor. Suponiendo que el horno es un cuerpo negro a 2000 C, calcular la energía absorbida y transmitida por el vidrio.

RADIACIÓN

▶ EJEMPLO 2

Un flujo solar de $900\text{W}/\text{m}^2$ incide sobre el lado superior de una placa cuya superficie tiene una absorptividad de 0,9 y una emisividad de 0,1. El aire y los alrededores están a 17 C y el coeficiente de transferencia de calor por convección es de $20\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Suponga que el lado inferior de la placa está aislado y determine la temperatura en estado estable de la placa.

Para reflexionar

