

UA: Acondicionamiento de aire

Horas teóricas	4.0
Horas prácticas	0.0
Total de horas	4.0
Créditos institucionales	8.0
Título del material	Radiación solar
Tipo de unidad de aprendizaje	Curso
Carácter de la unidad de aprendizaje	Optativa
Núcleo de formación	Integral
Programa educativo	Ingeniería Mecánica
Espacio académico	Facultad de Ingeniería
Responsable de la elaboración	Juan Carlos Posadas Basurto

PRESENTACIÓN

La unidad de aprendizaje Acondicionamiento de Aire es optativa y se sugiere cursarla en el décimo período. No tiene antecedentes ni consecuentes pero se pide que el discente tenga conocimientos de termodinámica, ingeniería térmica, transferencia de calor, mecánica de fluidos y termoquímica (Unidades de Aprendizaje impartidas en el plan de estudios de Ingeniería Mecánica en periodos anteriores).

El docente debe estar consiente de que la UA de Acondicionamiento de Aire es de aplicación de conocimientos, por lo que tiene que estar capacitado en las mismas áreas que se le solicita al discente.

ESTRUCTURA DE LA UA

1. Con base en los distintos arreglos de los equipos de acondicionamiento de aire, entender su aplicación y diferenciar los elementos que los componen.
2. De las propiedades termodinámicas del aire húmedo y seco, y del agua a la saturación, realizar balances de energía en dispositivos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación.
3. Con el conocimiento del manejo e interpretación de la carta psicrométrica, realizar balances de energía en procesos que se realizan para acondicionar el aire.
4. A partir de la calidad ambiental en el interior de un recinto y las condiciones exteriores al mismo, determinar los procesos que acondicionarán el aire para el confort de las personas, animales y/o procesos de manufactura.
5. De la transferencia de calor a través de la construcción en estudio, calcular las cargas de enfriamiento o de calentamiento presentes en recintos residenciales y no residenciales.
6. Con las dimensiones del recinto y la cantidad de aire a suministrar, calcular y seleccionar el sistema de distribución de aire y equipo.

Contenido de la Presentación

Las diapositivas presentadas corresponden al punto 5 de la estructura del programa Acondicionamiento de Aire, donde se estudia la energía radiante suministrada por el Sol a una pared o superficie de un recinto que se acondicionará.

El objetivo de esta presentación es que el discente calcule la cantidad de energía solar suministrada a un recinto de acuerdo a su orientación respecto al Sol.

Los temas que se revisarán en la presentación son:

- ✓ Definición de Sol.
- ✓ Movimiento de la Tierra respecto al Sol y sus estaciones de mayor relevancia.
- ✓ La fuente de energía del Sol y su radiación hacia la Tierra.

- ✓ Física de la radiación solar y ecuaciones de la radiación solar extraterrestre.
- ✓ Tiempo universal coordinado, horario de verano y zona horaria en México.
- ✓ Declinación solar y ubicación del Sol respecto a la superficie en estudio.
- ✓ Latitud y longitud.
- ✓ Ecuaciones que determinan la radiación solar en cielo claro.

Al final se incluye un apartado de referencias para que tanto el docente como el discente profundicen en los temas de interés.

Acondicionamiento de aire

RADIACIÓN SOLAR



El Sol

El Sol es una estrella luminosa y el centro de nuestro sistema planetario, está compuesto de Hidrógeno (74%), Helio (25%) y el restante 1% de Oxígeno, Nitrógeno, Carbón, Silicio, Magnesio y Calcio.

El Sol es un cuerpo casi esférico que tiene un radio de aproximadamente 6.96×10^5 km y una masa de 2×10^{30} kg. Su diámetro es aproximadamente 109 veces el de la Tierra. La distancia media del Sol a la Tierra es de 1.50×10^{11} m.

El Sol es nuestra fuente primaria de energía. La energía solar alcanza la tierra en forma de ondas electromagnéticas después de experimentar interacciones importantes con la atmósfera.

La posición del Sol en el cielo es un factor importante en el efecto de la energía solar en un edificio.

Movimiento de la Tierra

La Tierra se mueve en una órbita ligeramente elíptica alrededor del Sol. El plano en el que la tierra gira alrededor del sol (aproximadamente una vez cada $365 \frac{1}{4}$ días) se llama el plano de la eclíptica o plano orbital.

La distancia del perihelio, cuando la Tierra está más cerca del Sol, es el 98.3 por ciento de la distancia media y se produce el 4 de enero. La distancia del afelio, cuando la Tierra está más lejos del sol, es de 101.7 por ciento de la distancia media y se produce en julio 5. Debido a esto, la Tierra recibe aproximadamente un 7 por ciento más de radiación total en enero que en julio.

Por la rotación de la Tierra sobre su propio eje, un lugar fijo pasa a través de un ciclo de 24 horas en relación con el Sol. La Tierra se divide en 360 grados de arco circular por líneas longitudinales que pasan por los polos. Por lo tanto, 15 grados de longitud corresponde al de un día o 1 hora de tiempo.

Equinoccio y solsticio

En el momento del equinoccio de primavera (21 de marzo) y del equinoccio de otoño (septiembre 22 o 23), el Sol parece estar directamente sobre la cabeza en el ecuador y los polos de la Tierra están a igual distancia del Sol. Equinoccio significa noches iguales, y durante la época de los dos equinoccios todos los puntos de la tierra (a excepción de los polos) tienen exactamente 12 horas de oscuridad y 12 horas de luz del día.

Durante el solsticio de verano (21 de junio o 22) el Polo Norte está inclinado 23,5 grados hacia el Sol. Todos los puntos al norte de la superficie de la tierra 66.5 grados de latitud Norte (el círculo polar ártico) están en la luz del día continua, mientras que todos los puntos al sur de 66.5 grados de latitud Sur (el círculo polar antártico) están en oscuridad continua.

El tiempo relativamente caliente se produce en el hemisferio norte y el tiempo relativamente frío se produce en el hemisferio sur. La palabra solsticio significa el sol se detuvo.

Radiación térmica

La radiación solar está compuesta de varias clases amplias de la radiación electromagnética, que tienen algunas características comunes, pero que difieren en el efecto que producen, principalmente debido a su longitud de onda. Estas clases amplias del espectro solar incluyen ultravioleta, luz visible e infrarroja.

La superposición de las longitudes de onda de la mayor parte de los rayos infrarrojos, toda la luz visible, y una parte del espectro ultravioleta es una gama conocida como radiación térmica, ya que esta parte del espectro electromagnético crea principalmente un efecto de calentamiento.

A su vez, cuando una sustancia tiene su nivel de energía térmica (temperatura) aumentado, la radiación electromagnética producida por este aumento de la temperatura es principalmente en la banda de radiación térmica.

La radiación térmica es la porción del espectro electromagnético con longitudes de onda de $0.1 \mu\text{m}$ hasta aproximadamente $100 \mu\text{m}$.

Absorción, reflexión y transmisión

La energía de la radiación térmica que incide sobre una superficie está sujeta a la absorción, la reflexión y la transmisión a través de cuerpos transparentes.

La absorción es la transformación de la energía radiante en energía térmica almacenada por las moléculas. La reflexión es el retorno de la radiación por una superficie sin cambio de frecuencia. La transmisión es el paso de la radiación a través de un medio sin cambio de frecuencia. Así

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Donde

α : absorptancia, fracción de la radiación total incidente térmica absorbida

ρ : reflectancia, fracción de la radiación total incidente térmica reflejada

τ : transmitancia, fracción de la radiación total incidente transmitida a través del cuerpo

Energía del Sol

La energía del Sol se debe a la continua reacción de fusión donde dos átomos de Hidrógeno se fusionan para formar un átomo de Helio.

El Sol es esencialmente un reactor nuclear con temperaturas tan altas como 40 000 000 K en su núcleo. La temperatura disminuye a 6000 K en el exterior del Sol, conocido como la zona de convección, como un resultado de la disipación de esta energía por radiación.

En el Sol se produce una reacción termonuclear de fusión con emisión de energía radiante variable en todas direcciones.

La variabilidad solar se debe a los efectos internos en el mismo Sol y a la variabilidad en la radiación solar incidente sobre la Tierra, provocada por la actividad que genera las manchas solares y factores geométricos (la inclinación del eje de rotación de la Tierra, la excentricidad de la órbita de la Tierra, la periodicidad de la Tierra y la latitud de la relación Sol-Tierra), que determinan las variaciones estacionales, así como a factores atmosféricos

El Sol es la causa de los vientos, de la evaporación de las aguas superficiales, de la formación de nubes, de las lluvias y, por consiguiente, de los saltos de agua.

Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales que con el paso de los siglos han originado combustibles fósiles como el carbón o el petróleo.

La radiación solar tiene otra importancia capital: otras formas de energía renovable, como el viento, las olas o la biomasa no son más que manifestaciones indirectas.

A pesar de su abundancia, el aprovechamiento de la energía solar está condicionado principalmente por tres aspectos: la intensidad de la radiación solar recibida por la Tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y las condiciones climatológicas de cada lugar.

La forma más usual para representar las variaciones temporales de radiación solar incidente sobre una superficie es a partir de las distribuciones de frecuencia de los valores diarios y las curvas de duración de potencia, que no son otra cosa que la acumulación de los valores de las distribuciones de frecuencia.

Física de la radiación solar

La irradiación electromagnética es una forma de energía emitida por todos los objetos cuya temperatura es superior al cero absoluto, viaja en forma de onda a la velocidad de la luz en el vacío.

El Sol irradia energía en forma de un cuerpo negro que tiene una temperatura de superficie de aproximadamente 6000°C en un espectro de longitudes de onda 300 nm a 470 nm.

El 9% de la energía se encuentra en la región ultravioleta pero 91% de la energía se encuentra en la parte visible del espectro (380 nm a 780 nm) y en los infrarrojos.

La intensidad máxima de la energía solar que llega a los límites superiores de la atmósfera de la Tierra es aproximadamente 2200 W/m^2 a 480 nm pero el promedio total denominado constante solar, es 1367 W/m^2 .

Un total de 1025 W/m^2 llega a la superficie de la tierra cuando el sol está verticalmente por encima en un cielo sin nubes. De esta cifra, alrededor de 945 W/m^2 es por la radiación recibida directamente del sol, siendo la radiación solar recibida indirectamente el resto del cielo.

Constante solar y radiación solar extraterrestre

La constante solar E_{sc} se define como la intensidad de radiación solar sobre una superficie normal a los rayos del sol, justo más allá de la atmósfera terrestre, en la distancia media Tierra-Sol. Un valor frecuentemente utilizado es el propuesto por la Organización Mundial de Meteorología en 1981, $E_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$.

Debido a que la órbita de la Tierra es ligeramente elíptica, el flujo radiante extraterrestre E_0 varía a lo largo del año, alcanzando un máximo de 1412 W/m^2 a principios de enero, cuando la tierra está más cercano al Sol (afelio) y un mínimo de 1322 W/m^2 al comienzo de julio, cuando la tierra está más lejos del sol (perihelio). La irradiación solar extraterrestre incidente sobre una superficie normal a los rayos del sol se puede aproximar con la siguiente ecuación:

$$E_0 = E_{sc} \left\{ 1 + 0.033 \cos \left[360^\circ \frac{(n-3)}{365} \right] \right\}$$

Donde n es el número continuo del día del año.

Ecuación del tiempo y el tiempo solar

La velocidad orbital de la tierra varía a lo largo del año, tanto que el tiempo solar aparente (AST por sus siglas en inglés Apparent Solar Time), según lo determinado por un reloj de sol tiempo solar, varía un poco de la media hora mantenida por un reloj que funciona a una velocidad uniforme. Esta variación se llama la ecuación del tiempo (ET) y se aproxima por la siguiente fórmula:

$$ET = 2.2918[0.0075 + 0.1868 \cos(\Gamma) - 3.2077 \sin(\Gamma) - 1.4615 \cos(2\Gamma) - 4.089 \sin(2\Gamma)]$$

Con ET expresado en minutos y

$$\Gamma = 360^\circ \frac{n-1}{365}$$

La conversión entre la hora estándar local y la hora solar consta de dos pasos: se añade la ecuación del tiempo a la hora estándar local, y luego se añade una corrección de longitud.

Esta corrección de longitud es de cuatro minutos de tiempo por cada grado de diferencia entre la longitud local (sitio) y la longitud del meridiano estándar local (LSM) para esa zona horaria; por lo tanto, AST está relacionada con el tiempo estándar local (LST) como sigue:

$$AST = LST + \frac{ET}{60} + (LON - LSM)/15$$

Donde

AST: tiempo solar aparente, en horas decimales

LST: tiempo estándar local, en horas decimales

ET: ecuación del tiempo, en minutos

LSM: longitud del meridiano de tiempo estándar local, °E de Greenwich (negativo en el hemisferio occidental)

LON: longitud del sitio, °E de Greenwich

La longitud del meridiano estándar está relacionada con la zona horaria de la siguiente manera:

$$LSM = 15TZ$$

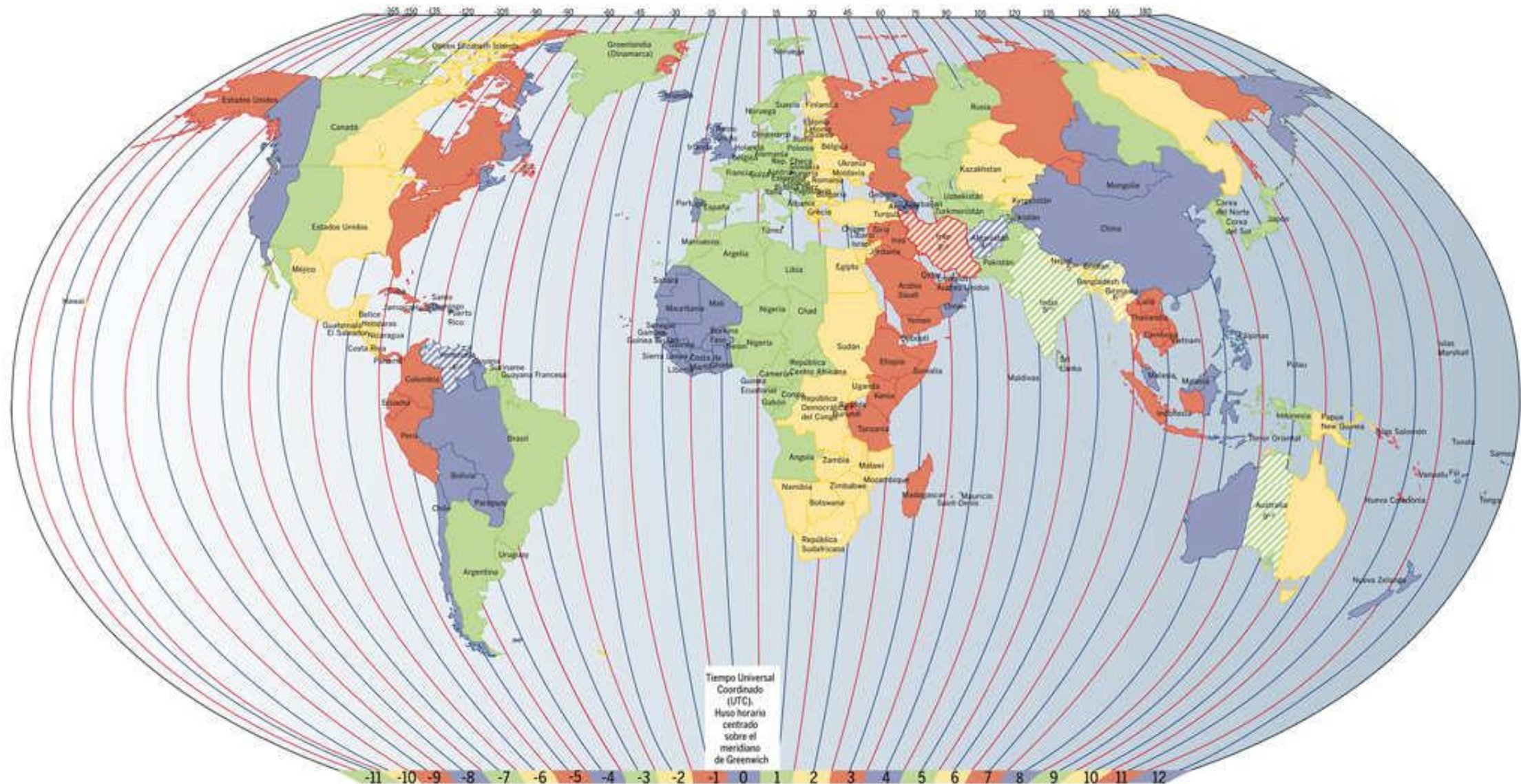
Donde TZ es la zona de tiempo (Time Zone) expresada en horas adelantadas o atrasadas al tiempo universal coordinado (UTC, Universal Time Coordinated).

Tiempo universal coordinado

El Tiempo Universal Coordinado, conocido también como tiempo civil u hora civil, es la zona horaria de referencia respecto a la cual se calculan todas las otras zonas del mundo. Es el sucesor del GMT (Greenwich Mean Time: Tiempo Medio de Greenwich).

El UTC toma como referencia para sus mediciones los relojes atómicos. El UTC se sincroniza con el día y la noche de UTC 1, al que se le añaden o quitan segundos de salto (leap seconds) tanto al final de Junio como de Diciembre, cuando resulta necesario. La puesta en circulación de los segundos de salto se determina por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra, en base a sus medidas de la rotación de la tierra.

La hora GMT, al estar basada en la posición del Sol, comienza a contarse a partir del mediodía mientras que la hora UTC comienza a la media noche u hora 0. Esta diferencia conceptual hace que la hora UTC sea necesariamente escrita como 24 horas. Decir la 1:00 pm UTC es incorrecto, lo correcto es decir las 13:00 h UTC. De igual manera es incorrecto referirse a las 13:00 h GMT, pues debería decirse la 1 pm GMT.



Tiempo Universal
Coordinado
(UTC).
Huso horario
centrado
sobre el
meridiano
de Greenwich

Horario de verano

En el territorio nacional, excepto la franja fronteriza con los Estados Unidos de América y los estados de Quintana Roo y Sonora, el horario de verano inicia el primer domingo de abril a las 2:00 h de la mañana, momento en el cual los relojes se adelantan una hora, y termina el último domingo de octubre a las 2:00 h de la mañana, instante en el que los relojes se atrasan una hora.

Si aplica el horario de verano (DST: Daylight Saving Time) en lugar de la hora estándar local, el tiempo estándar local puede obtenerse a partir de la hora de verano restando un hora:

$$LST = DST - 1$$

Donde *DST* está en horas decimales.

Para la franja fronteriza con los EUA el horario de verano inicia el segundo domingo de marzo a las 2:00 h de la mañana hora local (horario de invierno) y termina el primer domingo de noviembre a las 2:00 h de la mañana hora local (horario de verano). El Estado de Sonora no practica el horario de verano.

Zona horaria en México

La hora oficial para las cuatro husos horarios de los Estados Unidos Mexicanos se da con base en el UTC del Centro Nacional de Meteorología (CNM) como sigue:

Tiempo del Sureste = $UTC(CNM) - (N' - 1)$

Tiempo del Centro = $UTC(CNM) - N$

Tiempo del Pacífico = $UTC(CNM) - (N + 1)$

Tiempo del Noroeste = $UTC(CNM) - (N + 2)$

Donde N es un número entero de horas que toma el valor de 6 para el horario de invierno y 5 para el horario de verano. Por un vacío legislativo que existe en la aplicación del horario de verano en el Estado de Quintana Roo, N' tiene el valor de 6 horas.

Declinación solar

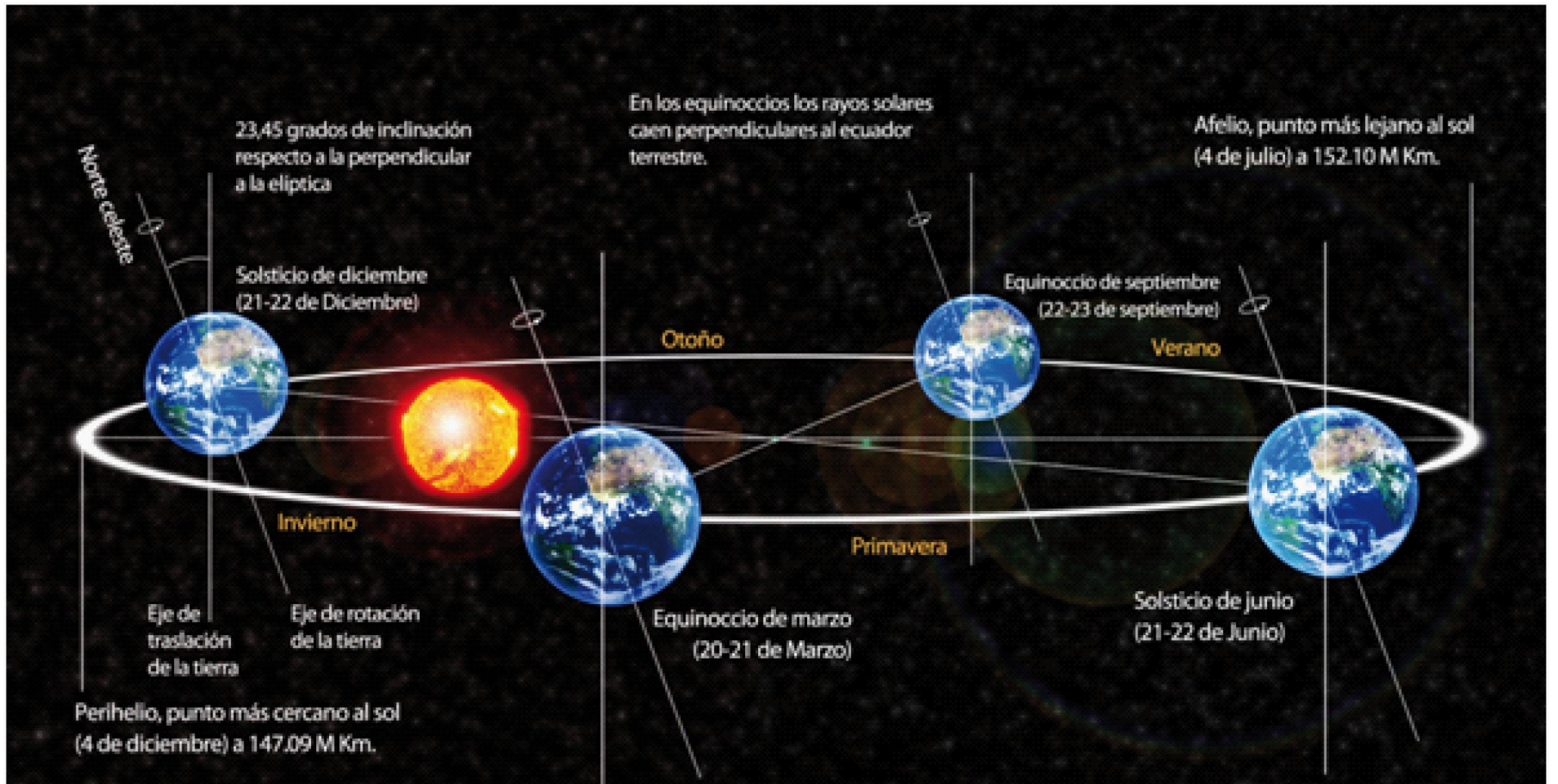
Debido a la inclinación que presenta el plano ecuatorial de la Tierra en un ángulo de 23.45° con respecto al plano orbital, la declinación solar δ (el ángulo entre la línea de Tierra-Sol y el plano ecuatorial) varía a lo largo del año. Esta variación provoca los cambios de estación, con sus períodos desiguales de luz y de oscuridad.

Para aplicaciones de ingeniería, la siguiente ecuación proporciona suficiente precisión:

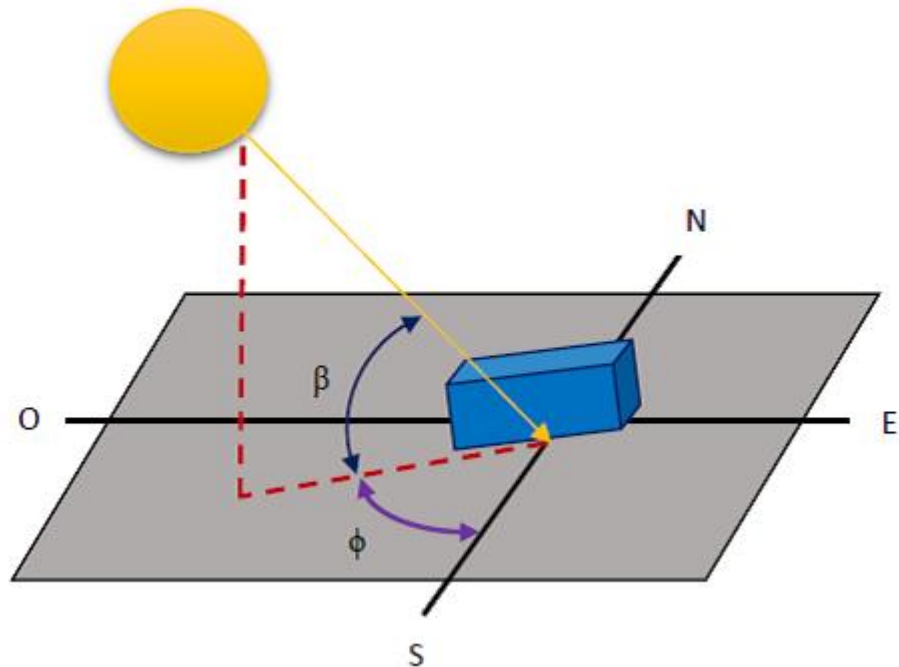
$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(360^\circ \frac{n+284}{365}\right)$$

Donde δ está en grados.





Posición del Sol



La posición del sol se da por su altura encima de la horizontal y el acimut solar medido desde el sur.

La altitud solar β es el ángulo entre el plano horizontal y una línea que emana del sol. Oscila entre 0° y 90° . Los valores negativos corresponden a tiempos de la noche.

El acimut solar ϕ es un desplazamiento angular desde el sur de la proyección, en el plano horizontal, de la línea de Tierra-Sol. Es positivo para horas de la tarde y negativo para horas de la mañana

Relación de los ángulos

Los ángulos de elevación y acimut solar, a su vez, dependen de la latitud local L (N° , negativa en el hemisferio sur); la declinación solar δ ; y el ángulo horario H , que se define como el desplazamiento angular del sol al este o al oeste del meridiano local debido a la rotación de la tierra, y se expresa en grados como

$$H = 15(AST - 12)$$

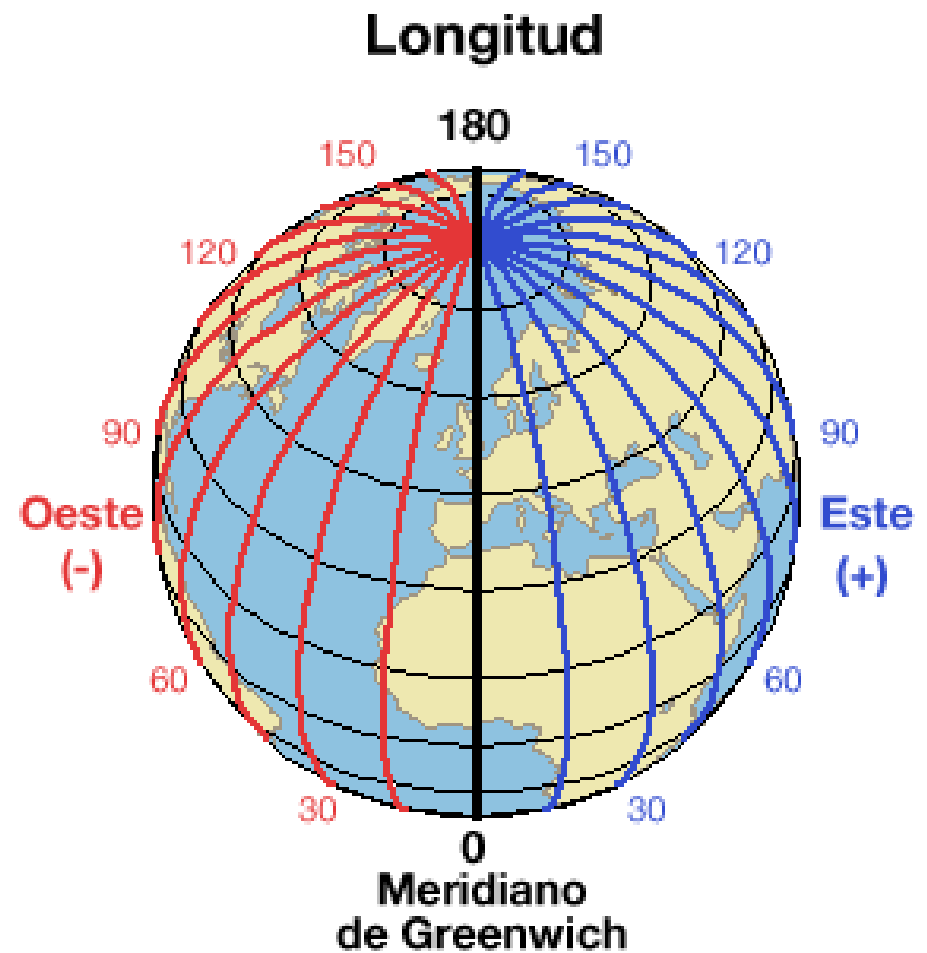
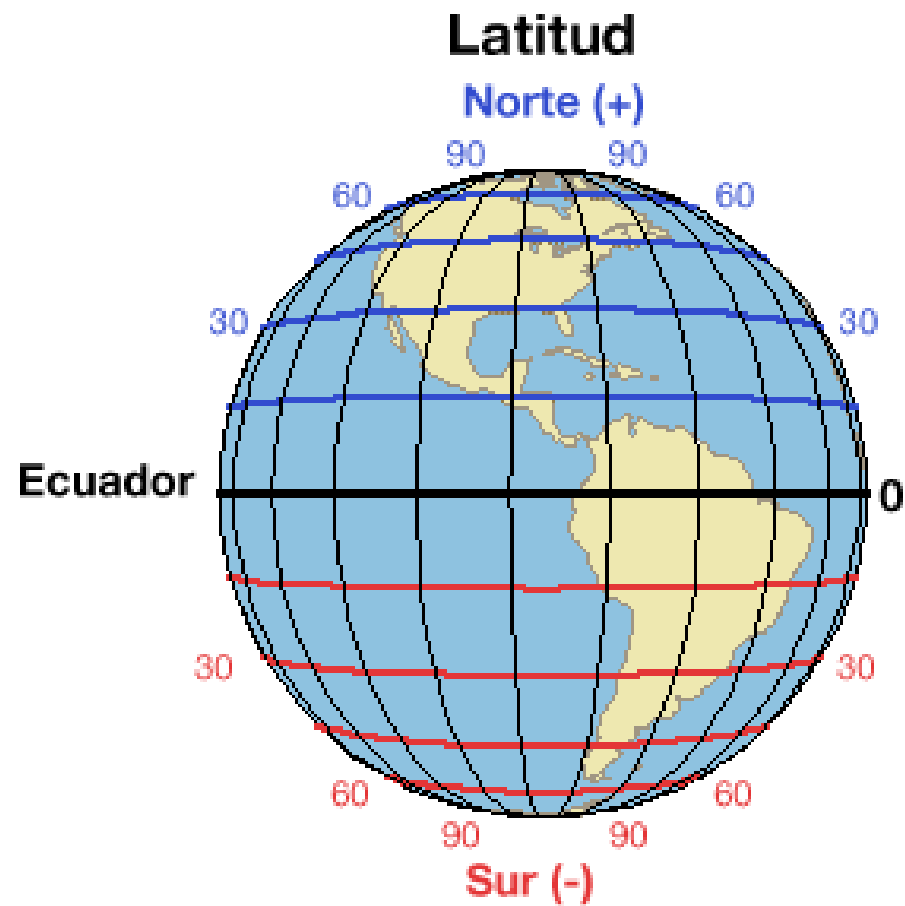
H es cero en el mediodía solar, positivo por la tarde, y negativo en la mañana. La ecuación que relaciona los ángulos anteriores es

$$\sin \beta = \cos L \cos \delta \cos H + \sin L \sin \delta$$

$$\sin \phi = \sin H \cos \delta / \cos \beta$$

$$\cos \phi = (\cos H \cos \delta \sin L - \sin \delta \cos L) / \cos \beta$$

$$\beta_{m\acute{a}x} = 90^\circ - |L - \delta| \quad \text{cuando } H = 0$$



Latitud y longitud

La latitud es la distancia desde un punto de la superficie terrestre al ecuador, contada en grados de meridiano. La longitud es la distancia angular medida en grados sobre el ecuador entre el meridiano de un punto y otro de referencia, actualmente el que pasa por Greenwich

Radiación solar en cielo claro

La radiación solar en un día claro se define por sus componentes directo E_b y difuso E_d . El componente directo representa la parte de la radiación solar que emana directamente del disco solar, mientras que la componente difusa representa la radiación que emana desde el resto del cielo. Estos dos componentes se calculan como

$$E_b = E_0 e^{-\tau_b m^{ab}}$$

$$E_d = E_0 e^{-\tau_d m^{ad}}$$

E_b : radiación normal del haz (medido perpendicularmente a los rayos del sol)

E_d : radiación horizontal difusa (medido sobre superficie horizontal)

E_0 : radiación normal extraterrestre

Relación de masa de aire

τ_b y τ_d : profundidades ópticas directa y difusa

a_b y a_d : exponentes de las masas de aire

m : relación de masa de aire

La relación de masa de aire es la razón de la masa real de la atmósfera en la ruta de Tierra-Sol a la masa que existiría si el Sol estuviera directamente encima.

$$m = 1/[\sin \beta + 0.50572(6.07995 + \beta)^{-1.6364}]$$

Los exponentes a_b y a_d están correlacionados con τ_b y τ_d como sigue

$$a_b = 1.454 - 0.406\tau_b - 0.268\tau_d + 0.021\tau_b\tau_d$$

$$a_d = 0.507 + 0.205\tau_b - 0.080\tau_d - 0.190\tau_b\tau_d$$

Radiación del cielo

La radiación del cielo, también conocida como radiación difusa o radiación dispersa, constituye una ganancia de calor a la tierra, además de la radiación directa, y surge de la naturaleza translúcida de la atmósfera.

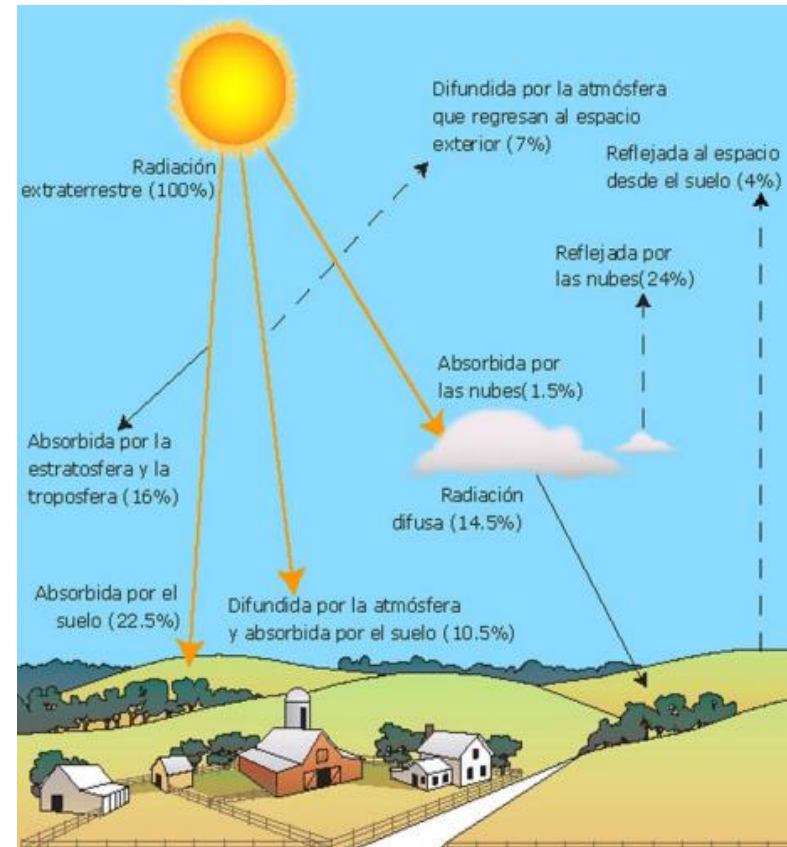
Las pérdidas atmosféricas en la radiación directa que producen la radiación del cielo se deriva de cuatro fenómenos principales:

1. Una dispersión de la radiación directa en todas las direcciones que se produce cuando la energía radiante se encuentra con las moléculas reales de los gases ideales (nitrógeno y oxígeno) en la atmósfera. Este efecto es más pronunciado para las longitudes de onda cortas y es responsable de la apariencia de color azul del cielo.
2. La dispersión resultante de la presencia de moléculas de vapor de agua.

Radiación del cielo (continuación)

3. La absorción selectiva por los gases ideales y por vapor de agua. Moléculas gaseosas asimétricos tales como el ozono, vapor de agua, dióxido de carbono, tienen una mayor capacidad de absorción (y por lo tanto para emisión) de la radiación que hacer moléculas gaseosas de una estructura simétrica, tales como nitrógeno y oxígeno.

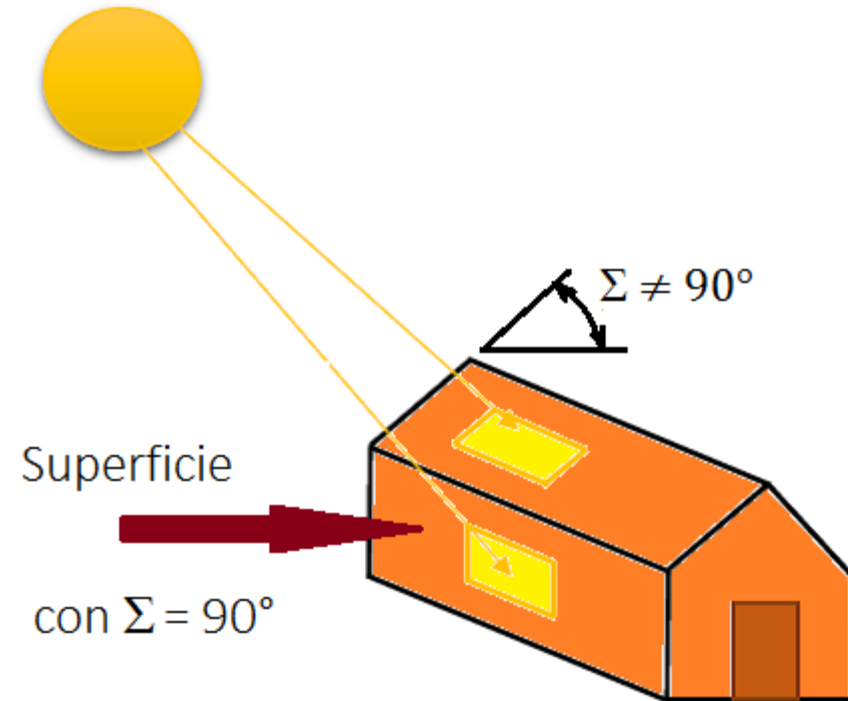
4. Dispersión causada por partículas de polvo.



Orientación de la superficie

Las superficies receptoras de la radiación solar pueden ser verticales (paredes y ventanas) o inclinadas (claraboyas o dispositivos solares activos).

La orientación de una superficie de recepción se caracteriza mejor por su ángulo de inclinación y su acimut. El ángulo de inclinación Σ es el ángulo entre la superficie y el plano horizontal.



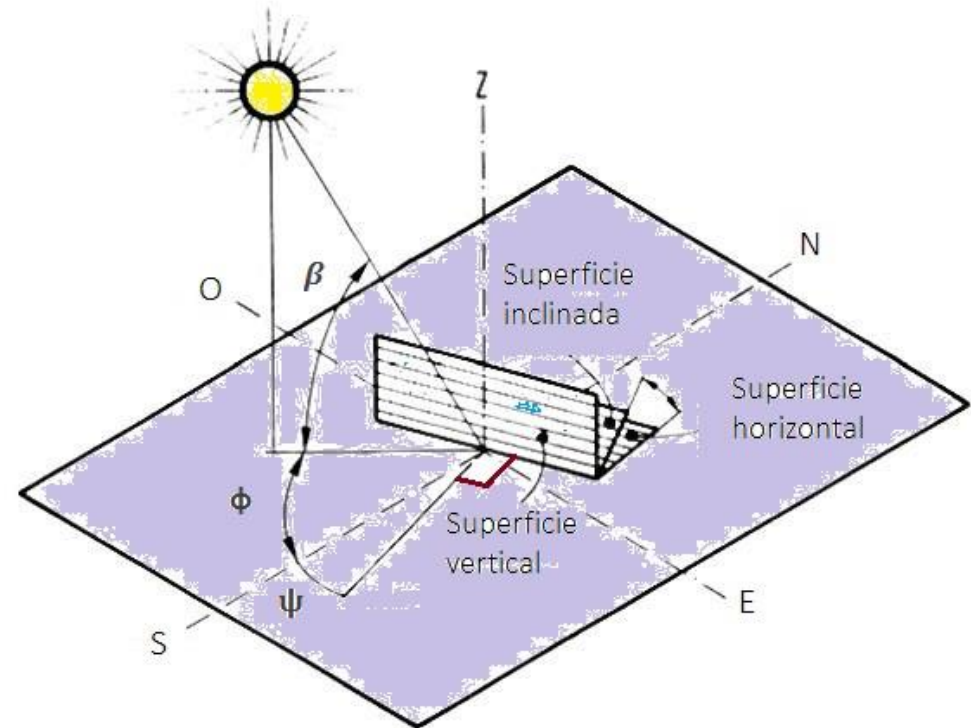
Acimut de superficie solar

El acimut de superficie ψ se define como el desplazamiento desde el sur de la proyección, sobre el plano horizontal, de la normal a la superficie. Las superficies que miran hacia el oeste tienen un acimut de superficie positivo; los que se enfrentan al este tienen un acimut superficial negativo.

El ángulo de acimut de superficie solar γ se define como la diferencia angular entre el azimut ϕ solar y el azimut ψ superficie:

$$\gamma = \phi - \psi$$

Valores de $\gamma > 90^\circ$ o $\gamma < -90^\circ$ indican que la superficie está en la sombra.



Irradiación solar en cielo despejado incidente sobre la superficie receptora

La irradiación total en cielo despejado E_t que alcanza la superficie receptora es la suma de tres componentes: la componente del haz $E_{t,b}$ originaria del disco solar; la componente difusa $E_{t,d}$, procedente de la bóveda celeste; y la componente de tierra-reflejado $E_{t,r}$ procedente del suelo delante de la superficie receptora.

Así,

$$E_t = E_{t,b} + E_{t,d} + E_{t,r}$$

Donde

$$E_{t,b} = E_b \cos \theta$$

Esta relación es válida cuando $\cos \theta > 0$. De lo contrario $E_{t,b} = 0$.

$$E_{t,d} = E_d Y$$

Donde

$$Y = \text{máx}(0.45, 0.55 + 0.437 \cos \theta + 0.313 \cos^2 \theta)$$

Para superficies no verticales

$$E_{t,d} = E_d (Y \sin \Sigma + \cos \Sigma) \quad \Sigma \leq 90^\circ$$

$$E_{t,d} = E_d Y \sin \Sigma \quad \Sigma > 90^\circ$$

$$E_{t,r} = (E_b \sin \beta + E_d) \rho_g \frac{1 - \cos \Sigma}{2}$$

Donde ρ_g es la reflectancia del suelo.

Referencias

Ambientum. (25 de Marzo de 2016). *El Sol, fuente básica de energía*. Obtenido de Enciclopedia mediioambiental: <http://www.ambientum.com>

ASHRAE. (2013). *2013 ASHRAE HANDBOOK. FUNDAMENTALS*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.

CENAM. (25 de Abril de 2016). *Hora oficial*. Obtenido de Tu gobierno en un solo punto: <http://www.cenam.mx>

CENAM. (25 de Abril de 2016). *Nueva Zona Horaria en México*. Obtenido de Tu gobierno en un solo punto: <http://www.cenam.mx>

digobeta. (8 de Enero de 2016). *El país más afectado por la radiación solar*. Obtenido de digo: <http://digo.do>

international, w. (12 de Julio de 2016). *Tiempo Universal Coordinado* . Obtenido de Hora mundial.com: <http://www.horamundial.com>

Latin. (7 de Octubre de 2013). *Geometría de la radiación solar terrestre*. Obtenido de Introducción al estudio de fuentes renovables de energía: <http://escritura.proyectolatin.org>

McQuiston, F. C., Parker, J. D., & Spitler, J. D. (2005). *Heating, ventilating, and air conditioning. Analysis en design*. USA: Willey.

Navas, I. (25 de Abril de 2016). *Un planeta muy singular: La Tierra*. Obtenido de wikiirenillaevva: <http://wikiirenillaevva.pbworks.com>

Pérez, S. (8 de Octubre de 2015). *Latitud y Longitud*. Obtenido de Imagen: <http://www.sergioperezarq.com>

Sajaroff, M. (27 de Octubre de 2013). *Energía solar*. Obtenido de Renovemos nuestra energía: <http://losenergeticos4.blogspot.mx>

Villalobos, V. (3 de Abril de 2011). *Los husos horarios*. Obtenido de Blog Eduteka Vilmer: <http://blogedutekavilmer.blogspot.mx>

Wang, S. K. (2001). *Handbook of air conditioning and refrigeration*. New York: McGraw_Hill.