

Fuentes de Energía

Capítulo 7: Energía solar. Geometría solar y radiación. Recurso y perfiles productivos Ejercicios, Actividades y Cuestiones de auto-evaluación

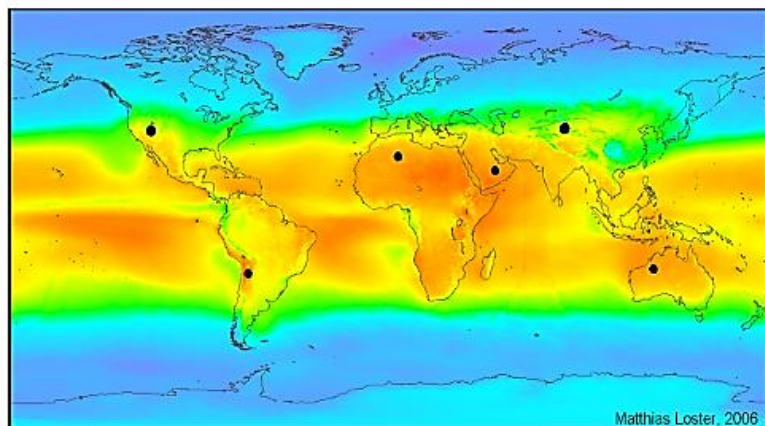
Autores:

- Antonio Lecuona Neumann. Catedrático del Área de Máquinas y Motores Térmicos. Dpto. De Ingeniería Térmica y de Fluidos, [Grupo ITEA](#), [Universidad Carlos III de Madrid](#), Leganés, España.

2019

La información contenida en este documento sirve de propósito exclusivo como apuntes para alumnos en la enseñanza de la asignatura indicada y ha sido obtenida de las mejores fuentes que se han podido encontrar, generalmente de reconocido prestigio. No obstante el/los autor/es no garantizan la exactitud, exhaustividad, actualización o perfección de su contenido. Por ello no será/n responsable/s de cualquier error, omisión o daño causado por el uso de la información contenida, no tratando con este documento prestar ninguna clase de servicio profesional o técnico; antes bien, se ofrece como simple guía general de apoyo a la docencia. En caso de detectar algún error, rogamos nos lo comunique e intentaremos corregirlo. Puede contener material con copyright © por lo que su reproducción puede no estar permitida.

7.2.- Geografía del recurso solar. [Volver](#)



0 50 100 150 200 250 300 350 W/m² Σ = 18 TWe

Figura 7.1.- Irradiancia total sobre el plano horizontal en potencia media anual 365/24. Los discos negros muestran el área necesaria de captación para proveer el consumo primario mundial con células de un 8% de eficiencia.

Fuente: http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/

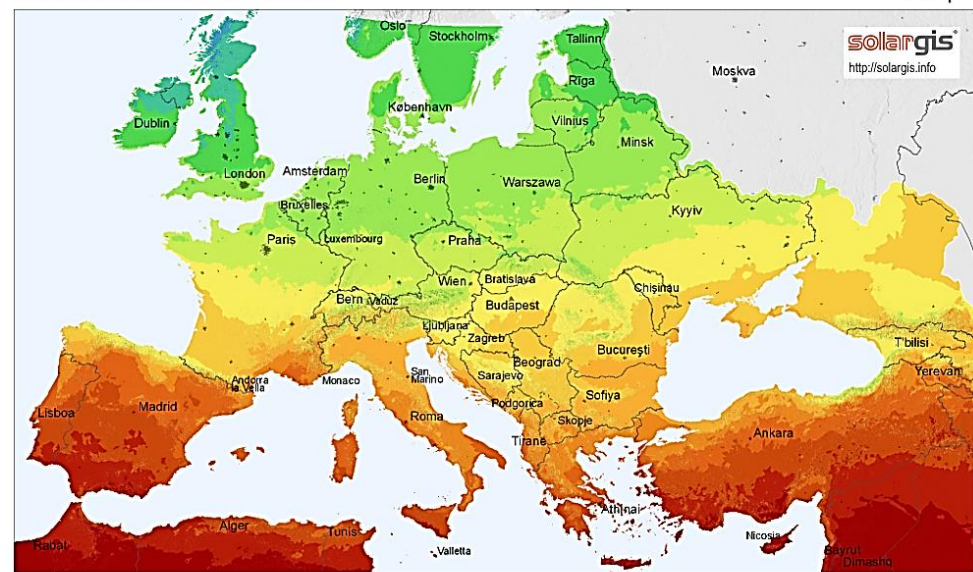
Figura 7.2.- Irradiación. España es el país europeo con más recurso solar. Fuente: [SolarGIS](#) © 2011 GeoModel Solar s.r.o. →

Ejercicio 7.1: Equivalencia entre las magnitudes de ambos mapas.

Solución:

Global horizontal irradiation

Europe



Average annual sum (4/2004 - 3/2010)

< 700 900 1100 1300 1500 1700 1900 > kWh/m²

0 250 500 km

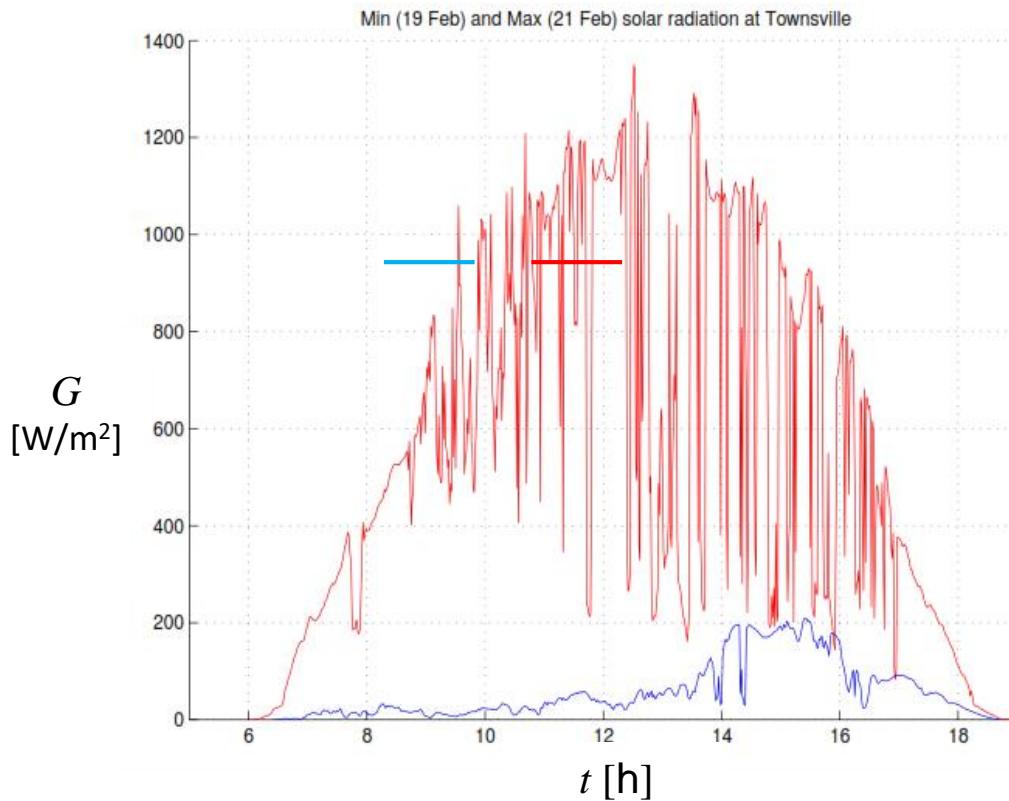
© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

7.4.- Movimiento aparente del Sol (cont.). (por defecto, hemisferio norte). [Volver](#)

Ejercicio 7.2: Calcule el día n que corresponde al equinoccio de otoño y al solsticio de invierno en el hemisferio norte. Sitúe en el calendario dd/mm las cuatro efemérides.

Solución:

7.5.- Geometría y radiación solar. [Volver](#)



Ejercicio 7.3: Superponer en este gráfico la irradiancia de un día despejado en ese lugar. Para ello calcular ω_0 y su correspondencia en hora oficial y calcular G , así como sus proporciones de directa y difusa para un día despejado, p. e. según [Hottel](#), a lo largo del día; o al menos al mediodía solar.

Solución:

Figura 7.8.- Radiación solar total sobre el plano horizontal en dos días reales.

Fuente: basado en Geoff Walker, University of Queensland, Australia. Altitud: 1 msnm. Latitud: 19° 15' S. Longitud: 146° 48' E.

7.6.- Correlaciones para la producción (cont.).

Fecha: Apellidos, nombre:

Grupo:

Ejercicio 7.4: Estimar la potencia calorífica de un colector solar de 2 m² de apertura y con eficiencia de conversión de radiación solar total a calor del 50 % que está inclinado 40 ° con respecto a la horizontal y mirando al sur, tomando como representativo el 15 de septiembre, en un día despejado en Leganés, Madrid a las 12:00. Para ello se sugiere rellenar el siguiente impreso: (No olvide consignar cálculos que quepan)

$\beta =$ $\alpha =$ $\phi =$ $\theta =$ $A_a =$ $n =$

$\theta_{ref} =$ $B =$ $z =$ $\delta =$

$E =$

$tsv =$ $\omega =$

$\theta_s =$

$\theta_{zs} =$ $R_b =$

$G_{o,n} =$ $a_0 =$

$a_1 =$ $k =$ $\tau_b =$

$\tau_d =$ $\rho_g =$ $G_b =$ $G_d =$

$G =$ $G_T =$ $\dot{Q} =$

7.6.- Correlaciones para la producción (cont.).

Ejercicio 7.5: La página web de [PVGIS](#) muestra para Madrid la siguiente información mensual basada en mediciones. Se pide comparar esta información con el uso de la correlación de Collares-Pereira & Rabl [1] para el día central de cada mes, [fórmula](#).

| Mes | \bar{H} Wh/(m ² día) | \bar{H}_d/\bar{H} | \bar{H}_o Wh/(m ² día) | \bar{K}_T | Ocaso: ω_o e | \bar{H}_d/\bar{H} |
|-----|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|-------------|------------------------|---------------------|
| Ene | 2.000 | 0,50 | | | | |
| Feb | 2.730 | 0,49 | | | | |
| Mar | 4.480 | 0,39 | | | | |
| Abr | 5.170 | 0,45 | | | | |
| May | 6.580 | 0,41 | | | | |
| Jun | 7.240 | 0,36 | | | | |
| Jul | 7.320 | 0,33 | | | | |
| Ago | 6.410 | 0,35 | | | | |
| Sep | 4.970 | 0,37 | | | | |
| Oct | 3.360 | 0,44 | | | | |
| Nov | 2.150 | 0,50 | | | | |
| Dic | 1.640 | 0,56 | | | | |
| Año | 4.510 | 0,40 | | | | |

Hipótesis:

Comentarios:

7.8.- Cuestiones de autoevaluación

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 7.1 | La intensidad directa sobre una superficie plana se reduce si su normal no está alineada con el sol | |
| 7.2 | La intensidad difusa proveniente del cielo sobre una superficie plana depende de su orientación | |
| 7.3 | La intensidad difusa proveniente del suelo sobre una superficie plana depende de su orientación | |
| 7.4 | La intensidad solar extraterrestre varía un 33% a lo largo del año | |
| 7.5 | Hay un único equinoccio a lo largo del año | |
| 7.6 | En el ecuador es donde mayor irradiancia en media anual se recibe | |
| 7.7 | La irradiancia se mide con piranómetros . No conviene medir con ellos cerca de edificios para evitar sombras y reflexiones | |
| 7.8 | La Tierra gira alrededor de su eje dando una vuelta completa en aproximadamente 24 horas. Este eje es perpendicular a la órbita terrestre. | |
| 7.9 | El meridiano de Greenwich pasa por España, justo sobre él, a las 14:00 h de reloj en el verano el sol se encuentra en el cénit. | |
| 7.10 | Un captador solar plano montado sobre un eje polar (eje paralelo al eje de giro de la Tierra $\beta = \phi$) solo tiene que girar, conteniendo ese eje, para hacer la incidencia de los rayos solares θ_s nula a lo largo de todo el año. | |
| 7.11 | Es bien conocido que hay más irradiancia en verano que en invierno (hemisferio norte). Ello justifica que la inclinación fija para maximizar la captación anual de un colector orientado al sur sea ligeramente inferior a la latitud local | |
| 7.12 | En la irradiancia solar extraterrestre no hay componente difusa | |
| 7.13 | En los equinoccios el sol sale exactamente por el este y se pone exactamente por el oeste | |

7.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

Actividad 7.1: Considere el montaje de seguimiento de eje polar. Se construye un eje paralelo al [eje de giro de la Tierra](#) para una latitud ϕ , con la intención de que el seguimiento de acimut quede reducido al giro \cong uniforme de la Tierra de $15^\circ/\text{hora}$. Exponga brevemente y soporte con ecuaciones cómo ha de orientarse un panel sobre este eje en elevación para que capte el máximo maximum de energía solar a lo largo del año.

Solución:

7.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

Actividad 7.2: Los [captadores cilindro-parabólicos](#) con seguidor o de [canal parabólico](#), se suelen disponer con su eje horizontal en dirección norte-sur. Obtenga la ley de orientación de su área de apertura a lo largo del día para maximizar la captación de energía; analice la dependencia del ángulo que forma el eje de giro con la horizontal β_{eje} y determine si hay algún valor de este parámetro que resulte privilegiado. Se sugiere consultar al respecto, p. e. [1].

Solución:

7.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

Actividad 7.3: Formule las expresiones teóricas de la emisión térmica de un cuerpo negro (absorbe todo y emite el máximo), como modelo del sol y deduzca la constante solar y la divergencia de los solares. Represente su espectro y estime la temperatura aproximada de un cuerpo negro en el vacío y uniformemente iluminado solo por el sol. Realice observaciones y llegue a formular el intercambio radiativo de un cuerpo real con el ambiente usando una emisividad media a su temperatura.

Solución:

7.9.- Actividades propuestas.

Actividad 7.4: Analizando la siguiente fotografía, correspondiente a una instalación en la zona norte de Madrid, opine sobre si los paneles FV fijos están bien orientados (acimut y elevación) al sol o no. Pista: observe las sombras. Caso de existir deficiencias en la orientación contribuya con las posibles causas de ello.

Solución:



7.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

Actividad 7.5: Calcule G_d/G con la correlación de Hottel para el equinoccio en el ecuador, a nivel del mar, y a mediodía solar (máximo alcanzable) y de ello calcule k_T instantáneo. Compare con los valores de la Figura .

Solución:

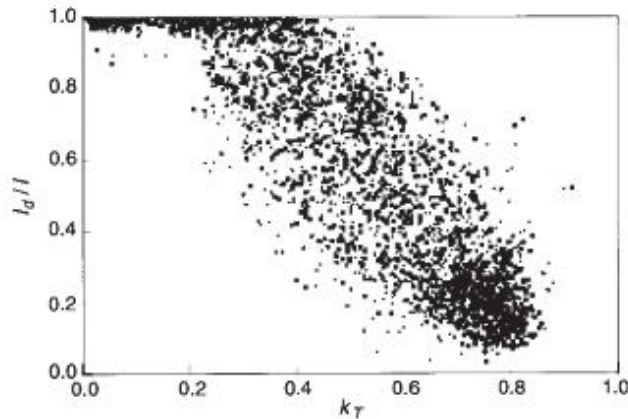


Figure 2.10.1 A sample of diffuse fraction versus clearness index data from Cape Canaveral, FL. Adapted from Reindl (1988).

Fuente: Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering Thermal Processes. 3rd Ed. John Wiley, 2006.

7.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

Actividad 7.6: Calcule el tiempo solar verdadero y en Leganés el 5 de Julio a las 12 de la mañana.

Solución

Actividad 7.7: Calcule La irradiancia instantánea sobre un colector fijo, mirando al sur, en Madrid y con inclinación igual a la latitud, en el solsticio de verano y día descubierto.

Solución:

