

# Tema 5. Medida de la radiación solar.

## Competencias específicas

En este tema aprenderás nuevos conceptos relacionados con la medida de la radiación solar. En un enfoque muy simplificado, en las aplicaciones de energía solar (fotovoltaicas y térmicas) se utilizará la radiación solar recibida en un emplazamiento como fuente energética para su aprovechamiento por el dispositivo seleccionado. Dependiendo de la tecnología en cuestión, será necesario conocer unas u otras características de la radiación solar incidente.

## ÍNDICE

<b>5.1 INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>2</b>
<b>5.2 GENERALIDADES.</b> .....	<b>2</b>
5.2.1 Magnitudes meteorológicas de la radiación. ....	2
5.2.2 Terminología y unidades. ....	3
5.2.3 Normalización. ....	3
5.2.4 Exactitud y precisión. ....	4
5.2.5 Selección del periodo de integración. ....	5
5.2.6 Selección de la instrumentación para una aplicación concreta. ....	5
<b>5.3 MEDIDA DE LA RADIACIÓN SOLAR DIRECTA</b> .....	<b>6</b>
5.3.1 Tipos de pirheliómetros. ....	6
5.3.2 Calibración de pirheliómetros. ....	8
<b>5.4 MEDIDA DE LA RADIACIÓN GLOBAL Y DIFUSA</b> .....	<b>8</b>
5.4.1 Tipos de piranómetros. ....	9
5.4.2 Dispositivos de sombreamiento. ....	10
5.4.3 Instalación y cuidado de piranómetros. ....	11
<b>5.5 MEDIDAS DE HORAS DE SOL.</b> .....	<b>11</b>
<b>5.6 DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE LA RADIACIÓN SOLAR.</b> .....	<b>12</b>
<b>5.7 EQUIPOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.</b> .....	<b>12</b>

## 5.1 Introducción.

Es importante hacer las siguientes consideraciones en cuanto a la medida de las variables de la radiación solar en la superficie terrestre:

- **Radiación solar directa:** es la radiación que proviene directamente del disco solar, y por lo tanto **ha de medirse utilizando sistemas de seguimiento** del movimiento del sol en su trayectoria.
- **Radiación solar difusa:** es la radiación solar que proviene de las reflexiones en la atmósfera, y **ha de medirse utilizando sistemas de sombreamiento** del disco solar.
- **Radiación solar reflejada:** es la radiación solar que, tras ser reflejada por el entorno de la superficie receptora, incide en una superficie inclinada. **No suele medirse** y su valor medio es el 20% de la radiación global incidente sobre superficie horizontal.
- **Radiación solar global:** es la radiación solar que se recibe por unidad de superficie. Supone la suma de las aportaciones de la radiación directa, difusa y reflejada (también llamadas *componentes de la radiación solar*). Esta superficie, puede tener una disposición cualquiera, y dependiendo de la misma, variará la contribución de las componentes. **Suele medirse sobre superficie horizontal**, y posteriormente calcular la radiación global incidente en la superficie receptora, pero hay veces que se mide en la misma disposición en la que irán la superficie de aprovechamiento (los paneles): en superficie inclinada o con el seguimiento seleccionado para la instalación.

Es importante destacar que todas estas variables, tienen una distribución espectral en el mismo rango de la distribución espectral de la radiación solar extraterrestre (que en un 95% se encuentra entre 0.2 y  $3\mu\text{m}$ ), ya que es ésta la fuente de todas ellas.

Por otro lado, hay otra serie de variables relacionadas con la radiación, pero que son de origen terrestre. Así, la Tierra emite una radiación térmica en el rango de 3 a  $100\mu\text{m}$ .



**importante**

**Los instrumentos utilizados para la medida de la radiación dependerán de la variable a medir, así como de que se precise conocer al valor de la integral de su rango espectral o su distribución espectral.**

En el transcurso del tema se van a abordar los principales conceptos relacionados con la medida de la radiación solar, así como los instrumentos de medida más relevantes. En el tema de **Lecturas Complementarias** se pueden estudiar algunos conceptos básicos asociados a la normalización de instrumentos de medida.

## 5.2 Generalidades.

### 5.2.1 Magnitudes meteorológicas de la radiación.

Las magnitudes meteorológicas de la radiación pueden clasificarse en dos grupos, según su origen, a saber, la radiación solar y la radiación terrestre.

**La radiación solar** es la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar incidente en el límite de la atmósfera terrestre se denomina radiación solar extraterrestre; el 97 por ciento de la misma está contenida dentro del intervalo espectral comprendido entre  $0,29\mu\text{m}$  y  $3,00\mu\text{m}$  y se denomina radiación de onda corta.

**La radiación terrestre** es la radiación de onda larga emitida por la superficie de la Tierra y por los gases, los aerosoles y las nubes de la atmósfera, y es también parcialmente absorbida

dentro de la atmósfera. Para una temperatura de 300 K, el 99,99 por ciento de la energía de la radiación terrestre posee una longitud de onda superior a  $3 \mu\text{m}$ , y alrededor del 99 por ciento una longitud de onda que supera los  $5 \mu\text{m}$ .

En meteorología, la suma de las dos clases de radiaciones se denomina "radiación total".



## definición

La luz es la radiación que resulta visible al ojo humano. El 99 por ciento de la radiación visible está comprendida entre 400 nm y 730 nm. La radiación cuya longitud de onda es inferior a 400 nm se denomina ultravioleta, y la de longitud de onda superior a 730 nm, infrarroja. El intervalo de la radiación ultravioleta se divide a veces en tres: UV-A (315 a 400 nm); UV-B(280 a 315 nm); UV-C (100 a 280 nm).

Este capítulo está centrado en los *instrumentos de medida de la radiación solar*, pudiendo consultarse en **Lecturas Complementarias** los conceptos relacionados con la medida de la radiación terrestre.

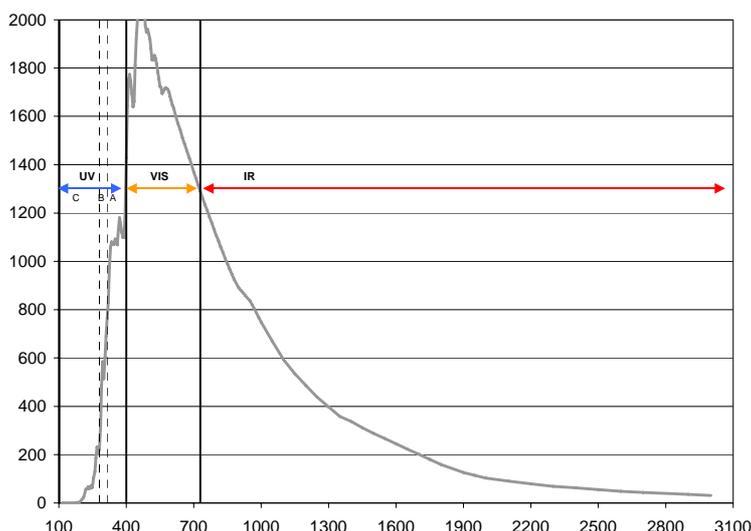


Figura 1. Distribución espectral de la radiación solar y aportación de distintas bandas espectrales.

### 5.2.2 Terminología y unidades.

Para las variables meteorológicas de la radiación se recomiendan las siguientes unidades:  
Para *magnitudes totales* (integradas sobre el intervalo completo de longitudes de onda):

- Irradiancia (potencia): vatios por metro cuadrado ( $\text{W m}^{-2}$ ).
- Exposición radiante (energía): julios por metro cuadrado ( $\text{J m}^{-2}$ ).

Para *magnitudes espectrales*:

- Irradiancia espectral: vatios por metro cuadrado por nanómetro ( $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ).
- Exposición radiante: julios por metro cuadrado por nanómetro ( $\text{J m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ).

### 5.2.3 Normalización.

#### De las medidas

El Centro Radiométrico Mundial de Davos es, en última instancia, responsable del mantenimiento de la referencia básica, el Grupo Mundial de Normalización del Instrumento

(WSG), que se utiliza para verificar la Referencia Radiométrica Mundial (WRR). En el curso de las comparaciones internacionales, que se organizan cada cinco años, se comparan las referencias de los centros regionales con los del WSG, y sus factores de calibración se ajustan a la WRR.

### **De las horas de observación**

En una red mundial de medidas de la radiación es importante que los datos sean homogéneos no sólo en cuanto a calibrado, sino también con respecto a los instantes en que se efectúa la observación. Así pues, todas las medidas de la radiación deben referirse a lo que se conoce en algunos países como Tiempo Aparente Local (LAT) y en otros como Tiempo Solar Verdadero (TST). No obstante, el Tiempo Universal resulta atractivo para los sistemas automáticos debido a la facilidad de su empleo, pero únicamente es aceptable si la reducción de los datos al TST no introduce una pérdida significativa de información.

En Local Aparent Time (LAT) o True Solar Time (TST) las 12:00 horas corresponden al instante de paso del Sol por el cenit del observador en el emplazamiento concreto.

En Greenwich Mean Time (GMT) las 12:00 horas corresponden al paso del Sol por el cenit del Meridiano de Greenwich, independientemente de la localización del observador.



**sabías que...**

**Piensa en la importancia de la hora a la que se refieren los datos en la comparación de datos de dos emplazamientos distintos. Si los datos están registrados en Tiempo Universal o GMT se referirán al mismo instante, pero para comparar la radiación solar a las 12 horas en los dos emplazamientos habrá que hacer la conversión a TST.**



**sabías que...**

**El sol avanza en su trayectoria 15° por hora, por lo que habrá una hora de diferencia en TST entre dos emplazamientos que distan 15° de longitud.**

### **5.2.4 Exactitud y precisión.**



**definición**

**La exactitud expresa la incertidumbre en la concordancia entre el valor medido y el valor verdadero.**

Los sensores para medir la radiación, en su mayoría, no son absolutos y deben calibrarse con un instrumento absoluto. En este caso, la exactitud del valor medido depende de la precisión del instrumento y del procedimiento de calibración.

La precisión del instrumento está determinada por:

- a) La resolución, es decir, la variación más pequeña de la magnitud de radiación que puede detectar el instrumento.
- b) Las variaciones de la sensibilidad debidas a alteraciones de las variables ambientales.
- c) La no linealidad de la respuesta, es decir, cambios de sensibilidad asociados a variaciones de irradiancia.
- d) La desviación de la respuesta espectral respecto a la postulada.

- e) La desviación de la respuesta direccional respecto a la postulada, es decir, la respuesta cosenoidal y la respuesta azimutal.

### 5.2.5 Selección del periodo de integración.

Una de las características más relevantes a la hora de diseñar una campaña de medidas, es la selección del periodo de integración apropiado.



**De manera general, se recomienda registrar una frecuencia temporal que se remonte un orden de magnitud a la frecuencia de tiempos requerida.**

Así, si la frecuencia requerida son datos diarios, se recomienda medir datos horarios, y si se requieren datos horarios, se recomienda medir datos minutales. En el caso de requerirse datos horarios, es frecuente también el registro de datos diez-minutales.

Esta práctica simplificará el tratamiento posterior de los datos, ya que si hay que suprimir alguna observación en el filtrado (debido a problemas puntuales u operaciones de mantenimiento de los sensores) se dispone de más observaciones contenidas en el mismo intervalo de tiempo, con las que poder estimar el valor correspondiente.

### 5.2.6 Selección de la instrumentación para una aplicación concreta.

Dependiendo del sistema solar concreto a instalar, se debe configurar la instrumentación de la campaña de medidas.

Así, se puede plantear la instalación de:

- Paneles convencionales estáticos (con inclinación).
- Paneles convencionales con seguimiento (en uno o dos ejes).
- Paneles convencionales con seguimiento e inclinación.
- Paneles con concentración con seguimiento en 2 ejes.

En el caso de **paneles fotovoltaicos estáticos**, puede ser suficiente diseñar una campaña de medidas de radiación solar global sobre superficie horizontal, para posteriormente calcular la radiación en el plano del panel, o también, se puede plantear la medida directamente en el plano en el que se dispondrán los paneles. Este caso sería el más simple y el más económico, pudiendo plantearse incluso la utilización de piranómetros fotovoltaicos, dependiendo de la inversión asociada a la instalación.

En el caso de utilizar una **tecnología de concentración**, será importante la correcta estimación de la radiación directa. En este caso, dependiendo de la inversión de la instalación, deberá considerarse la realización de una campaña de medidas de radiación directa, con lo que habría que incluir un seguidor solar y un pirheliómetro. Esto encarecería considerablemente la campaña de medidas, pero suministraría información muy valiosa, ya que si bien se pueden utilizar algoritmos de cálculo para la estimación de la radiación directa, el comportamiento de todos ellos es bastante heterogéneo y variable.

El caso de **tecnologías convencionales con seguimiento** sería una situación intermedia entre las dos anteriores. Si bien sería conveniente la medida de la radiación solar con el seguimiento seleccionado, con lo que habría que utilizar un seguidor solar, no sería preciso el registro de la radiación directa, por lo que se podría prescindir del pirheliómetro y registrar directamente la radiación global con el seguimiento seleccionado. Simultáneamente con un registro de la radiación global sobre superficie horizontal podría comprobarse el comportamiento de los algoritmos de seguimiento

## 5.3 Medida de la radiación solar directa



### definición

**Pirheliómetro:** instrumento que mide la radiación solar directa y cuya superficie receptora se dispone *normalmente* a los rayos solares incidentes. Dispone de un obturador para medir solamente la radiación procedente del sol y de una región anular del cielo muy próxima al astro.

En los instrumentos modernos, esta última abarca un semiángulo de  $2,5^\circ$  aproximadamente a partir del centro del Sol, mientras que en los modelos más antiguos era de unos  $8^\circ$ .



### sabías que...

**Al comparar datos de radiación directa de registros modernos con datos de registros antiguos, hay que tener en cuenta el sensor con que han sido medidos. Si el sensor antiguo tenía una apertura de  $8^\circ$  y el moderno de  $5^\circ$  puede ser causa de una aparente disminución de los valores de radiación directa registrados.**

Es importante destacar el papel de **los seguidores solares**. La medida de la radiación directa precisa de la orientación perpendicular a los rayos solares del dispositivo. Esto se consigue utilizando seguidores solares.

**Los seguidores solares** se encargan del seguimiento del movimiento del Sol en su trayectoria, y en ellos se disponen los pirheliómetros para la medida de la radiación directa.

Los seguidores solares clásicos presentan el problema de que al final del día el dispositivo ha de volver a la posición inicial para registrar la salida del Sol por el lugar correcto, y este giro diario provoca algunos inconvenientes en los cables de alimentación y señales, por lo que hace preciso cierta supervisión periódica.

Para la selección de un seguidor solar u otro hay que tener en cuenta:

- La precisión en el seguimiento.
- La precisión del reloj.
- El peso que puede soportar.
- Los dispositivos que pueden acoplarse.

### 5.3.1 Tipos de pirheliómetros.

Existen varios tipos de pirheliómetros y dependiendo de la inversión disponible para los instrumentos de medida, de los objetivos de precisión y de otros condicionamientos relacionados, se seleccionará la utilización de unos u otros en una campaña de medida.

#### ***Pirheliómetro patrones primarios (absolutos).***

Un pirheliómetro absoluto es un instrumento susceptible de definir la escala de irradiancia total sin recurrir a fuentes o radiadores de referencia. Todos los pirheliómetros absolutos de diseño moderno utilizan receptores de cavidad y, como sensores, medidores diferenciales de flujo calorífico calibrados eléctricamente.



Figura 2. Pirheliómetro autocalibrable de cavidad absoluta Modelo HF. Este modelo ha sido un estándar de referencia durante muchos años. CMDL (Climatic Monitoring and diagnostic Laboratory) Solar & thermal Atmosphere Radiation. NOAA. USA.

### **Pirheliómetros patrones secundarios.**

- El Pirheliómetro de compensación Ångström.

El pirheliómetro de compensación Ångström es un instrumento muy adecuado para la calibración de piranómetros y otros pirheliómetros. Fue diseñado por K. Ångström (1893) como instrumento absoluto y la Escala Ångström, de 1905 se construyó basándose en él, aunque en la actualidad se utiliza como patrón secundario y debe calibrarse por comparación con un instrumento patrón.

- El pirheliómetro de disco de plata.

El pirheliómetro de disco de plata es un instrumento de referencia que siempre debe calibrarse por comparación con un patrón primario. Presenta buena estabilidad y todavía se utiliza para calibrar piranómetros y pirheliómetros.



Figura 3. Pirheliómetro de P. Dollond 1785. Museo virtual del observatorio de Madrid.



Figura 4. Pirheliómetro compensador de Ångström 1910. Museo virtual del observatorio de Madrid

### **Pirheliómetros de primera y segunda clase.**

Estos pirheliómetros son los que se usan más frecuentemente. Utilizan generalmente termopilas como detectores. Se emplean para un registro continuo de la radiación solar. Pueden utilizarse para la calibración de los instrumentos de una red. A su vez, es necesario calibrarlos por comparación con patrones primarios o secundarios. La precisión en el transcurso de un año y para todas las condiciones ambientales durante el empleo del instrumento debe ser superior al uno por ciento para un pirheliómetro de primera clase y al dos por ciento para uno de segunda. Otro aspecto importante del instrumento es el tiempo de respuesta.



**importante**

**Se recomienda un tiempo de respuesta máximo de diez segundos para los instrumentos de primera clase y de treinta segundos para los de segunda clase.**



*Figura 5. CH-1 NIP (Normal Incidence Pyrheliometer) está diseñado para realizar medidas automáticas de la radiación solar directa, de 0.2 a 4.0  $\mu\text{m}$ . Está diseñado para su utilización con cualquier modelo de seguidor solar Nesa. Tiene la opción de acoplar una rueda de filtros manual para modificar la entrada estándar de 200 nm, a 530, 630, o 695 nm.*

### **5.3.2 Calibración de pirheliómetros.**

Todos los pirheliómetros no absolutos deben calibrarse por comparación con uno absoluto, utilizando el sol como fuente. Como todos los instrumentos de radiación deben estar referidos a la WRR<sup>ξ</sup>, los pirheliómetros absolutos emplean también un factor determinado por comparación con el WSG<sup>£</sup>. Después de efectuar esta comparación, un pirheliómetro de este tipo puede utilizarse como patrón primario para calibrar, de nuevo, por comparación con el sol como fuente, pirheliómetros patrones secundarios de primera y segunda clase. Los patrones secundarios pueden a su vez emplearse para calibrar instrumentos de primera y segunda clase. Si se requiere una calidad de calibrado muy alta, solamente deben utilizarse datos tomados durante días muy despejados y estables, preferentemente desde estaciones de altitud elevada.

## **5.4 Medida de la radiación global y difusa.**

La radiación global se define como la radiación solar recibida de un ángulo sólido de  $2\pi$  estereorradianes sobre una superficie generalmente horizontal. La radiación global incluye la recibida directamente del ángulo sólido del disco solar y también la radiación celeste difusa dispersada al atravesar la atmósfera.



**definición**

**Piranómetro: instrumento necesario para medir la radiación solar procedente de un ángulo de  $2\pi$  estereorradianes en una superficie plana y un intervalo espectral comprendido entre 0,3 y 3,0  $\mu\text{m}$ .**

<sup>ξ</sup> World Radiation Referente.

<sup>£</sup> World Standard Group.

El piranómetro se utiliza a veces para medir la radiación solar incidente sobre superficies inclinadas respecto a la horizontal y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada.

Cuando sólo se efectúa la medida de la componente difusa de la radiación solar, la componente solar directa se debe cubrir por medio de un sistema de pantalla.



Figura 6. Piranómetro negro y blanco de Eppley. Unas placas pintadas de blanco y de negro actúan como sensores.



Figura 7. Piranómetro MS. Está desarrollado para medida de la radiación solar global (rango espectral de 0.3 a 2.8  $\mu\text{m}$ ), radiación difusa y radiación reflejada. Mesa

#### 5.4.1 Tipos de piranómetros.

Normalmente los piranómetros emplean como sensores elementos termoelectricos, fotoelectricos, piroelectricos o bimetálicos. Debido a que los piranómetros están expuestos continuamente a todas las condiciones ambientales, deben ser de diseño robusto. Las propiedades de los piranómetros que hay que tener en cuenta al evaluar la precisión y calidad de la medida de la radiación son: sensibilidad, estabilidad, tiempo de respuesta, respuesta cosenoidal, respuesta azimutal, linealidad, respuesta de temperatura y respuesta espectral. En base a la precisión y calidad global del sistema, pueden definirse tres clases de piranómetros, que se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 1. Clasificación de piranómetros

Característica	Patrón secundario	Primera clase	Segunda clase
Resolución (variación mínima detectable en $\text{W m}^{-2}$ )	$\pm 1$	$\pm 5$	$\pm 10$
Estabilidad (tanto por ciento de totalidad de escala, variación/año)	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 5$
Respuesta cosenoidal (tanto por ciento de desviación respecto de la ideal para una altura solar de $10^\circ$ en un día despejado)	$<\pm 3$	$<\pm 7$	$<\pm 15$
Respuesta azimutal (tanto por ciento de desviación de la media para una altura solar de $10^\circ$ en un día despejado)	$<\pm 3$	$<\pm 5$	$<\pm 10$
Respuesta de temperatura (tanto por ciento de error máximo debido a variación de la temperatura ambiente dentro del intervalo de operación)	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 5$
No linealidad (tanto por ciento de totalidad de escala)	$\pm 0,5$	$\pm 2$	$\pm 5$
Sensibilidad espectral (tanto por ciento de desviación de la absorbancia media 0,3 a 3 $\mu\text{m}$ )	$\pm 2$	$\pm 5$	$\pm 10$
Tiempo de respuesta (respuesta del 99%)	$<25\text{s}$	$<1 \text{ min}$	$<4 \text{ min}$

Es evidente que con la especificación dada para la sensibilidad espectral, los "piranómetros" con detectores fotoeléctricos (piranómetros fotovoltaicos) no pueden clasificarse. A pesar de ello, si se utilizan para fines especiales, debe tenerse en cuenta la posible influencia de la respuesta espectral.



#### 5.4.2 Dispositivos de sombreado.

En cuanto a la radiación difusa, para su medida se precisa de la utilización de dispositivos de sombreado. Si bien los dispositivos más comúnmente utilizados son las bandas de sombra, éstas tienen el inconveniente de que necesitan de un ajuste manual periódico así como una corrección teórica de la variable registrada, ya que sombrean una importante porción de cielo además del disco solar.



Figura 9. Piranómetro con banda de sombra.



Figura 10. Piránometro con banda de sombra.

Recientemente es cada vez más común la utilización de seguidores solares que incluyen un sistema de sombreado puntual en la localización del Sol. Estos sistemas son sustancialmente más complejos y costosos que los convencionales, pero solucionan los problemas de cableado y de corrección de la banda de sombra. Además, permiten la instalación de varios dispositivos para la medida de la radiación directa y de la radiación difusa, así como es posible montar en el mismo dispositivo el piranómetro para la medida de la radiación global.



Figura 11. Seguidor solar 2AP. En la plataforma se disponen un pirgeómetro Epply sombreado y ventilado (izquierda) para la medida de la radiación infrarroja entrante. A la derecha se encuentra un piranómetro sombreado y ventilado para la medida de la radiación difusa. En los discos laterales se encuentra el sensor de cuatro cuadrantes y un pirheliómetro Eppley NIP para la medida de la radiación directa. El sensor de cuatro cuadrantes es utilizado por el seguidor solar para mantener la alineación con el Sol.

### 5.4.3 Instalación y cuidado de piranómetros.

El lugar elegido para emplazar un piranómetro debe estar exento de obstáculos por encima del plano del elemento sensor y, al mismo tiempo, debe ser fácilmente accesible. Si no resulta posible lograr esas condiciones, el lugar debe hallarse despejado y lo más libre posible de obstáculos que puedan arrojar sombra, cualquier época del año. El piranómetro no debe estar próximo a paredes de color claro y otros objetos que puedan reflejar la luz solar sobre él, ni debe exponerse a fuentes artificiales de radiación.



sabías que...

**En la mayoría de los casos una azotea constituye un excelente emplazamiento para la instalación del soporte del piranómetro.**

En la descripción de la estación debe figurar la altitud del piranómetro por encima del nivel del mar, junto con su longitud y latitud geográficas. También es muy útil disponer de un plano del lugar. Quizá la única consideración esencial en la elección del lugar es que sea de fácil acceso a los instrumentos para permitir su inspección frecuente.

Para la medida o registro separado de la radiación difusa, el sensor se debe proteger de la radiación solar directa por medio de una pantalla. Comoquiera que la radiación difusa puede ser inferior a la décima parte de la radiación global, es necesario prestar gran atención a la sensibilidad del sistema de registro.

## 5.5 Medidas de horas de sol.

Tradicionalmente se ha registrado en numerosos emplazamientos la variable: horas de sol. Este parámetro ha sido muy utilizado para estimar la radiación solar incidente, así como recientemente se han realizado trabajos de estimación de la radiación solar directa.

El instrumento utilizado recibe el nombre de heliógrafo o solarímetro de Campbell Stokes. Se compone de una bola maciza de cristal pulimentada conforme a un calibrador, con índice de refracción determinado, con un diámetro de aprox. 96mm, así como de un casquete metálico dispuesto concéntricamente a esta bola a su distancia focal. En las ranuras del lado interior del casquete se introduce cada día una tira nueva de cartulina con división horaria. El sol quema en la tira huellas más o menos fuertes, según la intensidad de sus rayos y de acuerdo con su curso aparente. Después de haber retirado la tira de cartulina del casquete metálico, se puede determinar retroactivamente cuántas y durante qué horas de cada día ha habido sol.

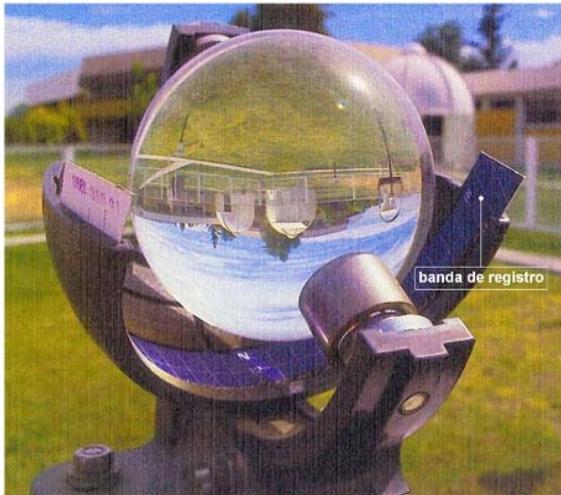


Figura 12. Heliógrafo.



Figura 13. Heliógrafo Stokes.

## 5.6 Distribución espectral de la radiación solar.

La medida de la distribución espectral de la radiación solar es una información demandada por numerosas aplicaciones de distintos campos. Desde el punto de vista del aprovechamiento energético de la radiación solar, la caracterización de la distribución espectral de la misma es muy importante, ya que los sistemas de aprovechamiento tienen distinta respuesta dependiendo de la distribución espectral de la radiación solar incidente.

En el mercado existen numerosos dispositivos denominados espectrorradiómetros, capaces de medir la distribución espectral de la luz incidente dentro de un rango de longitudes de onda que dependerá de la tecnología y del detector utilizado.



Figura 14. Espectrorradiómetro Optronic754. Rango espectral 250-800. Aperturas: 0.5°, 1.0° y 1.5°. Universidad de Valencia, Grupo Radiación Solar.



Figura 15. Espectrorradiómetro Licor-1800. Rango de operación 300-1100. Apertura 4.7°. Universidad de Valencia, Grupo de Radiación Solar.

## 5.7 Equipos de adquisición de datos.

El equipo de adquisición o datalogger es un equipo electrónico donde van conectados los sensores y que va almacenando los datos que miden los sensores conectados.

El almacenamiento de datos puede ser en distintos formatos, intervalos horarios y unidades.

Estos dataloggers tienen que estar conectados a un Pc desde donde se puedan volcar los datos de la memoria del Datalogger con un software específico. Hay distintas vías de comunicación con los dataloggers, bien vía cable serie, bien vía red telefónica (MODEM) o bien vía internet si el equipo permite tener una Dirección Ip.

Puede no hacer falta el datalogger en el caso de tener conectados los sensores a tarjetas convertidoras y estas a un Pc. donde se almacenen los datos.