

# Actividad: cálculo de radiación

Energía Solar Fotovoltaica

Oscar Perpiñán Lamigueiro

En esta actividad vas a estimar las medias mensuales de la radiación global incidente en el plano horizontal y en el plano de un generador.

## 1. Radiación en el plano horizontal

Para el cálculo de la **radiación en el plano horizontal** seguiremos el siguiente itinerario:

1. Obtén series temporales de **medidas diarias** de radiación solar de 3 estaciones meteorológicas (recomendable longitud de 10 años).
2. Filtra cada serie empleando límites físicos.
3. Elige una localización dentro del perímetro definido por las tres estaciones. Obtén las **12 medias mensuales** en esta localización empleando interpolación espacial (IDW) a partir de las **12 medias mensuales** de la radiación filtrada de cada estación (punto 2).
4. Obtén medias temporales de radiación solar de un servicio satelital (preferiblemente CM-SAF, empleando QGis o software similar; véanse los anexos 3 y 4) para una región que cubra las tres estaciones<sup>1</sup>.
5. Compara las medias mensuales de las tres estaciones con las estimaciones satelitales empleando métricas estadísticas (MBD, RMSD, MAD).
6. Combina la estimación satelital en la localización del punto 3 con las medias mensuales obtenidas en ese punto.

---

<sup>1</sup>Los datos de radiación proporcionados por CMSAF son medias diarias de **irradiancia** ( $W/m^2$ ). Por tanto, debes multiplicarlos por 24 para obtener valores diarios de **irradiación**.

## 2. Radiación en el plano del generador

A continuación, realizaremos el cálculo de la **radiación en el plano del generador**. Este generador está localizado en el hemisferio norte, orientado al sur y con una inclinación de  $30^\circ$ . Seguiremos el siguiente itinerario:

1. En la localización elegida en el punto 3 anterior, calcula la declinación, duración del día, e irradiación extra-atmosférica diaria en el plano horizontal **para los días promedio**.
2. Calcula el índice de claridad y fracción de difusa para las 12 medias mensuales obtenidas en el punto 4 del apartado anterior (o, en su defecto, punto 3). Con estos parámetros obtén las medias mensuales de irradiación difusa y directa diarias en el plano horizontal.
3. Calcula el coseno del ángulo cenital y el coseno del ángulo de incidencia para cada día promedio (mes). Deberías obtener 24 valores por día (un total de  $12 \cdot 24 = 288$  valores por parámetro).
4. Calcula los perfiles intradiaarios  $r_d$  y  $r_g$  para cada día promedio (mes). Deberías obtener 24 valores por mes (un total de  $12 \cdot 24 = 288$  valores por parámetro).
5. Obtén los perfiles de irradiancia difusa, global y diaria para cada día promedio (mes). Deberías obtener 24 valores por mes (un total de  $12 \cdot 24 = 288$  valores por componente).
6. Obtén la irradiancia en el plano del generador realizando la transformación de los valores del punto 12 del plano horizontal al plano del generador.
7. Suma los resultados del paso anterior para obtener las 12 medias mensuales de radiación diaria (global, difusa y directa) en el plano del generador. Comprueba que estos resultados son superiores a los valores de la radiación en el plano horizontal.

### 3. Anexo: CM-SAF

CM-SAF proporciona datos derivados de imágenes de satélite:

- *Operational Products*: conjuntos de datos proporcionados casi en tiempo real.
- *Climate Data Records (CDR)*: series temporales de medidas de longitud, consistencia, y continuidad suficiente para determinar la variabilidad y cambios en el clima.

Los datos de radiación global se denominan *Surface incoming shortwave radiation* (SIS). Para esta práctica utilizaremos productos operacionales y las medias mensuales, disponibles en: [https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewProduktDetails?eid=21989\\_21990&fid=27](https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewProduktDetails?eid=21989_21990&fid=27).

Para obtener estos datos para una región de interés hay que seguir este procedimiento:

1. Elegir la región: *Change projection / spatial resolution / domain*. En este apartado se puede definir la región de forma gráfica en el mapa o rellenando en los recuadros de longitud y latitud que hay a continuación. Una vez definida la zona, pasamos al siguiente apartado.
2. Definir el rango temporal: *Proceed to time range selection*. En este apartado se indica el comienzo y final deseado. Al ser medias mensuales, obtendremos un fichero raster para cada mes de este rango. Por ejemplo, si elegimos un rango temporal que incluye 10 años, obtendremos 120 ficheros raster. Para esta práctica lo haremos de forma más simplificado, eligiendo únicamente un año para obtener 12 ficheros raster, por ejemplo desde 2022-01-01 hasta 2022-12-31.
3. Una vez definida la región y el rango temporal, se puede realizar la solicitud: *Add to order cart*. Para poder finalizar la solicitud es necesario tener usuario y contraseña. Si no es así, hay que registrarse de forma gratuita.
4. Tras realizar la solicitud se recibirá una notificación por correo electrónico pasado un tiempo que depende del tamaño de los ficheros solicitados. En este correo se incluye un enlace para realizar la descarga de los ficheros desde un servidor FTP.

### 4. Anexo: QGIS

QGIS is un proyecto de código abierto de un [sistema de información geográfica](#) (SIG). Este software es capaz de manejar datos vectoriales (puntos, líneas y polígonos) y tipo raster (matrices de datos georeferenciados).

Deberías leer [este tutorial](#) para aprender a trabajar con ficheros tipo raster, y [este tutorial](#) para trabajar con datos vectoriales.

Hay varios plugins que proporcionan capacidades adicionales. [Este documento](#) es una guía en el proceso de instalación y utilización de plugins. Te pueden interesar los siguientes:

- [Point sampling tool](#), para extraer valores de un fichero raster en un punto concreto.
- [Interpolation](#) plugin, para realizar una interpolación IDW de datos vectoriales.
- Además, también es recomendable el plugin para utilizar [GRASS](#). [Este documento](#) proporciona instrucciones para instalarlo y trabajar con él.

#### Procedimiento

1. Añadir capa ráster: leer los 12 ficheros .nc de CMSAF.
2. Establecer proyección a EPSG:4326

3. Calculador raster: doble click en la capa, y en la expresión del cuadro inferior multiplicar por 24 (create on-the-fly raster).
4. Añadir capa de texto delimitado: leer fichero SIAR.csv (ubicaciones de estaciones). Establecer proyección a EPSG:4326.
5. Utilizar *Point sampling tool*
  - a) *Layer containing sampling points* : SIAR
  - b) *Layers with bands to get values from*: 12 SISmm.
  - c) *Output point vector layer*: Browse y crear un nuevo fichero.
  - d) Aceptar: aparece una nueva capa con el nombre del fichero creado.
  - e) En esta nueva capa, con el botón derecho aparece un menú de opciones: tabla de atributos (valores extraídos). También se puede exportar.