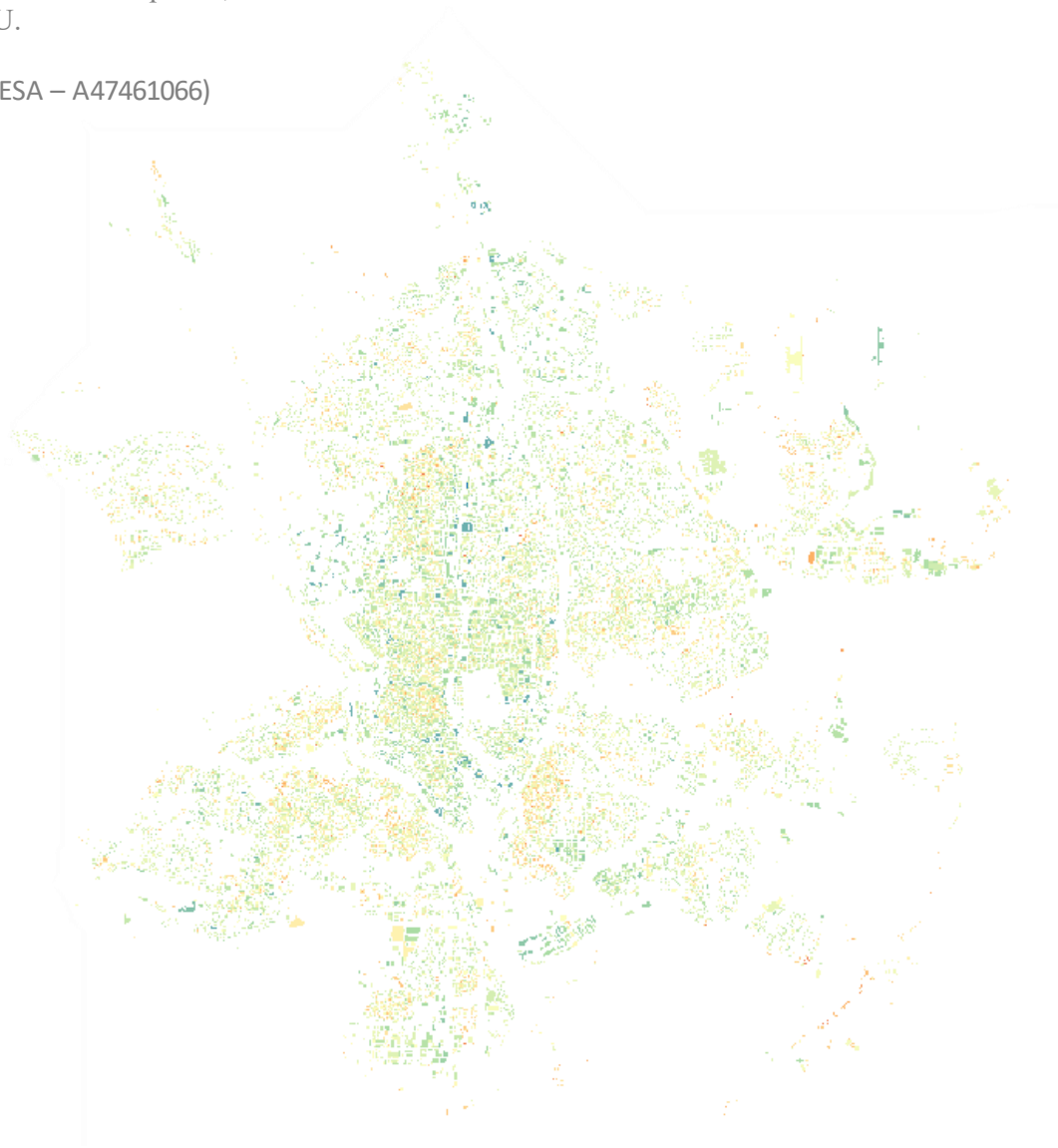


2024

Centro de Observación y
Teledetección Espacial,
S.A.U.

(COTESA – A47461066)



POTENCIALIDAD SOLAR DE LAS CUBIERTAS DE LOS EDIFICIOS DE LA CIUDAD DE MADRID

[Determinación de la potencialidad solar de las cubiertas de los edificios de la ciudad de Madrid, empleando para este servicio parámetros físicos (área, orientación y pendiente de las cubiertas) y parámetros radiativos (porcentaje de horas de sol, radiación normal incidente e índice de potencialidad solar)].

1. Objetivo

Servicio temático desarrollado por COTESA con el objetivo de determinar la potencialidad solar de las cubiertas de los edificios de la ciudad de Madrid, empleando para este servicio parámetros físicos (área, orientación y pendiente de las cubiertas) y parámetros radiativos (porcentaje de horas de sol, radiación normal incidente e índice de potencialidad solar). El presente servicio tiene un margen de estudio a nivel anual por lo que cada anualidad del proyecto se entregará los entregables correspondientes.

2. Capas de entrada

Se ha utilizado información vectorial referente a los edificios por distrito obtenida en un proyecto anterior realizado por COTESA, para generar una capa vectorial en formato shapefile de las cubiertas de los edificios de Madrid, las entidades de esta capa recogen todos los parámetros físicos y radiativos que se han empleado para el cálculo del índice de potencialidad solar.

3. Metodología

En cuanto a los parámetros físicos, el área en metros cuadrados de cada cubierta se ha calculado mediante procedimientos GIS, mientras que para la orientación y pendiente engrados ha sido necesario generar un DTM de la ciudad de Madrid a partir del DSM creado previamente mediante el método de falso par estéreo de imágenes satelitales, posteriormente la librería en lenguaje Python GDAL permite obtener la orientación y la pendiente a partir del DTM en formato raster.

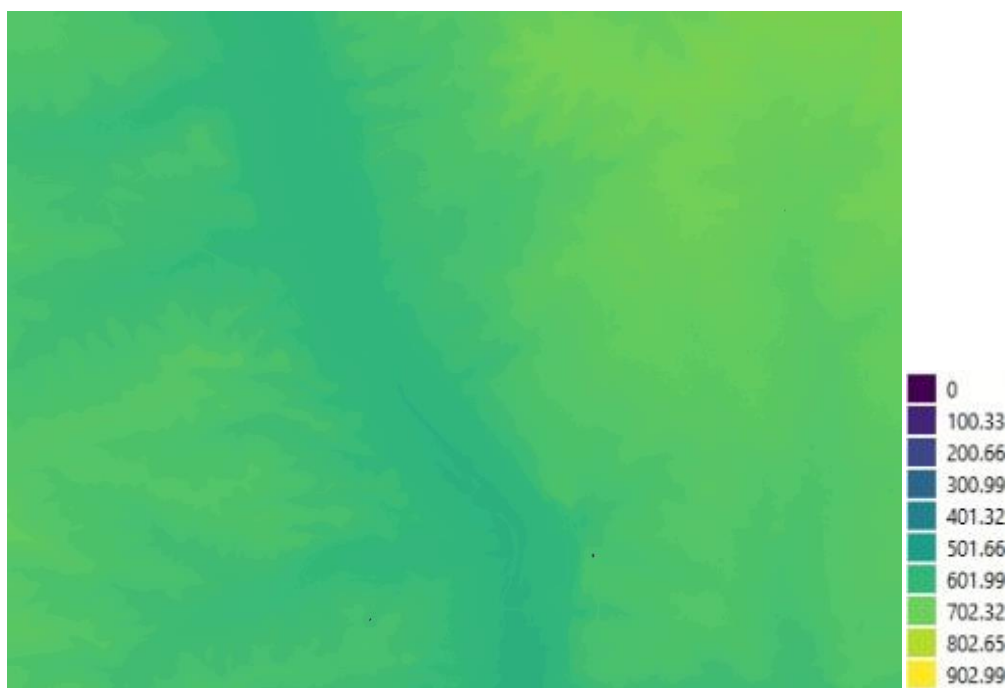


Figura 1. Detalle DTM de la ciudad de Madrid.

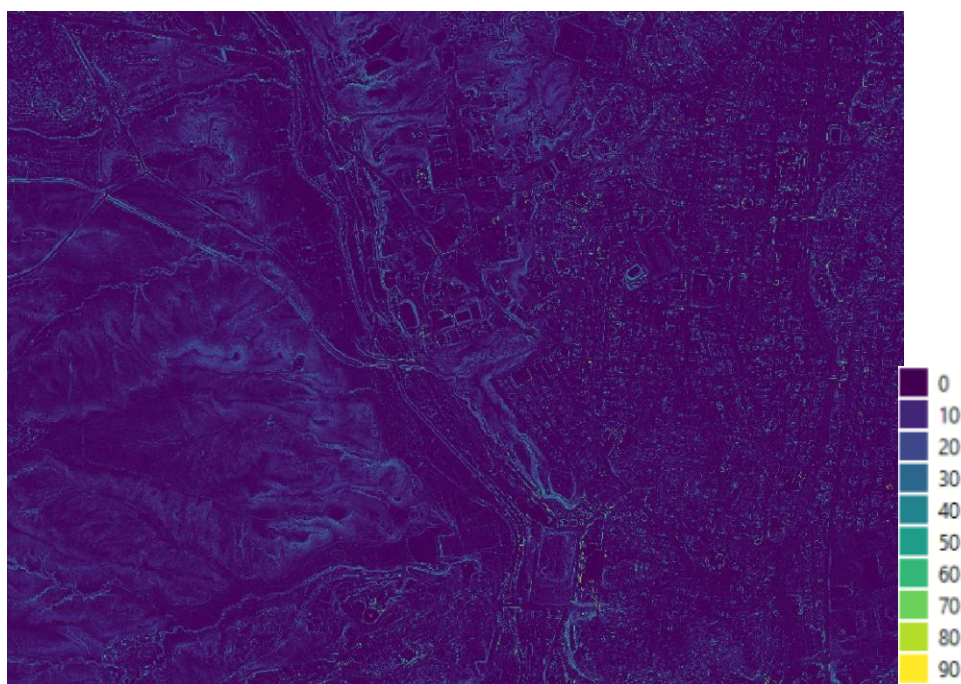


Figura 2. Detalle de la capa de pendientes de la ciudad de Madrid.

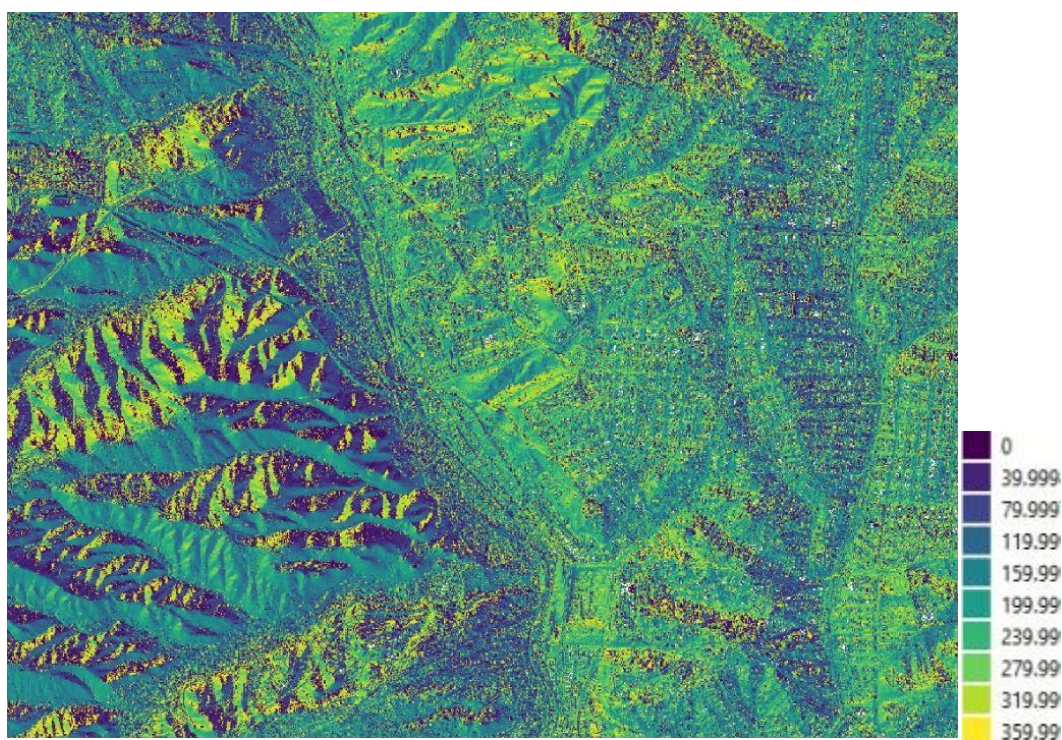


Figura 3. Detalle de la capa de orientaciones de la ciudad de Madrid.

Los parámetros radiativos empleados en el cálculo de la potencialidad solar se han obtenido a partir de la capa en formato ráster de porcentaje de horas de sol de los edificios de Madrid generada por COTESA. La radiación normal incidente es el resultado de la división entre los valores de la capa ráster de porcentaje de horas de sol y el área de cada cubierta.

Debido a que tanto los parámetros físicos como radiativos, exceptuando el área, han generado como resultado capas en formato ráster, es necesario trasladar esta información a la capa en formato vectorial de las cubiertas de los edificios, para ello se emplea el software libre QGIS que permite realizar una unión espacial entre los datos de las capas ráster y las entidades de la capa vectorial.



Figura 4. Capa de porcentaje de horas de sol.

Una vez la capa vectorial de cubiertas contiene toda la información requerida, se procede al cálculo del índice de potencialidad solar mediante un análisis multicriterio. En primer lugar, se ponderan, en un rango de valores entre 1 a 5 (siendo 1 la ponderación menor y 5 la mayor) cada uno de los parámetros generados anteriormente en base a la influencia que tienen sobre la potencialidad solar de las cubiertas. Esta información se muestra en la tabla expuesta a continuación:

Porcentaje de horas de Sol HS		Orientación O		Pendiente P		Área	
0-20	2	0-45	1	0-10	1	0-100	1
20-40	2	45-135	2	10-20	2	100-250	2
40-60	3	135-225	4	20-30	4	250-500	3
60-80	4	225-315	2	30-40	5	500-1000	3
80-100	5	315-360	1	40-50	3	1000-2500	3
				56-70	2	2500-5000	4
				70-80	1	5000-10000	5

Figura 5. Tabla con los valores de ponderación de los parámetros.

Por último, se realiza el cálculo del índice de potencialidad solar atendiendo a la siguiente fórmula:

$$\text{Potencialidad Solar} = HS \times 0,40 + O \times 0,20 + P \times 0,10 + A \times 0,30$$

4. Resultados.

Para la entrega de la capa del índice de potencialidad solar en formato ráster, se ha empleado nuevamente la librería GDAL, en concreto la funcionalidad GDAL_rasterize, para transformar el valor de potencialidad solar contenido en la capa de cubiertas de edificios en formato vectorial en una capa en formato ráster. Esta capa ráster tiene un rango de valores entre 1.6 y 4.1, estando los valores más altos directamente relacionados con las cubiertas con una mayor área, lo que refleja la alta influencia del área en la potencialidad solar.

Además, se han eliminado los polígonos pertenecientes a la capa vectorial de edificios municipales de la ciudad de Madrid que no tenían suficiente representatividad en cuanto al porcentaje de horas de sol, al tratarse de uno de los inputs necesarios para ejecutar el algoritmo de potencialidad solar.

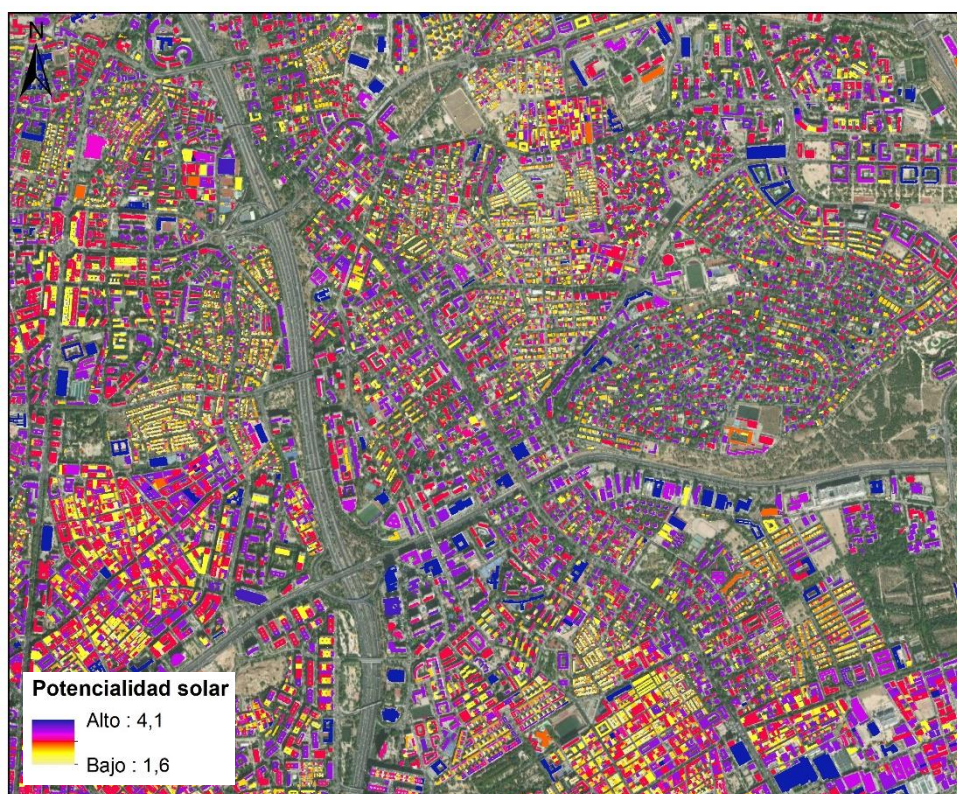


Figura 6. Detalle de la capa de cubiertas de edificios en Madrid.

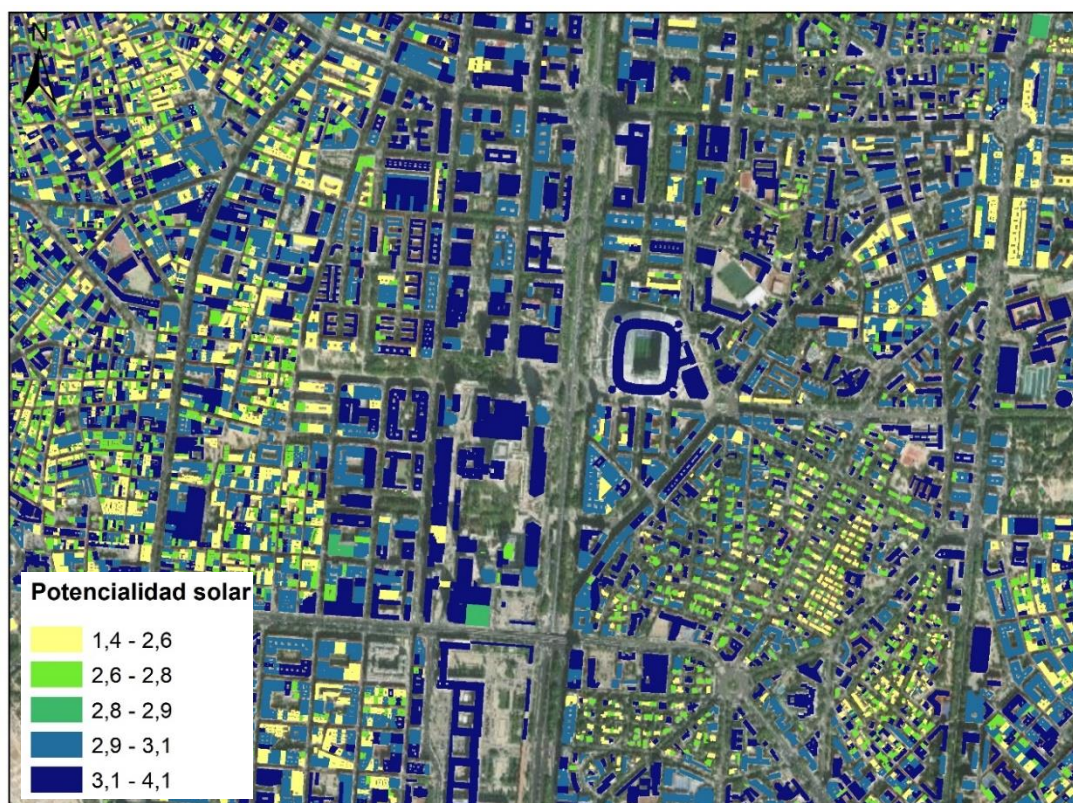


Figura 7. Detalle de la capa de cubiertas de edificios en Madrid.

En la siguiente tabla se pueden ver los valores de radiación solar media en porcentaje medio mensual de la insolación diaria frente a la insolación teórica, tanto para el año 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024; los datos son obtenidos de las estaciones meteorológicas Cuatro Vientos, Aeropuerto, Colmenar Viejo, Getafe, Pto. Nevacerrada y Torrejón y suministrados a través de la Agencia estatal de meteorología (AEMET).

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
2020	46,3	57,3	44,7	40	64,5	74	
2021	47,7	47	59,2	44,2	63,2	67,7	
2022	73,3	66,2	23,2	56,7	73,3	76,2	
2023	62,5	67,5	67,3	76,5	62	61,5	
2024	67,9	66,9	45,3	66,6	67,7	68,9	
Año	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media Anual
2020	81,5	81,5	68	60,2	43	41,2	58,5
2021	82,7	81,5	57,7	68,7	61,8	51,2	61
2022	86,5	81,2	67,2	48,7	46,8	29,7	60,7
2023	84,2	85,5	58,2	51,5	50	52,3	64,7
2024	85,4	83,4	62,7	50,1	48,4	41	62,9

Tabla 1: Radiación Solar media para cada uno de los meses para los años 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024.

La variación media entre el primero periodo de tiempo (2020 – 2021) es positiva alrededor del 2.5 % sin embargo para el siguiente periodo (2021 -2022) hubo una variación negativa del 0.3%, mientras que en el tercer periodo (2022-2023) hubo una variación positiva de un 4%, durante el cuarto periodo (2023-2024) encontramos una variación negativa del 2.7%

Para el año 2024 los principales cambios se presentan en los meses de Marzo y Diciembre presentando una disminución del porcentaje de insolación diaria mensual significativa 2024 con respecto al 2023 como se puede ver en la siguiente figura (**Figura 8**), para entender los cambios adicionalmente a los parámetros valorados se debe tener en cuenta que existen otros factores que pueden afectar potencialmente la radiación solar y por ende la potencialidad solar de una infraestructura como el cubrimiento de las nubes, la cantidad de ozono en la atmosfera, la latitud y la altitud.

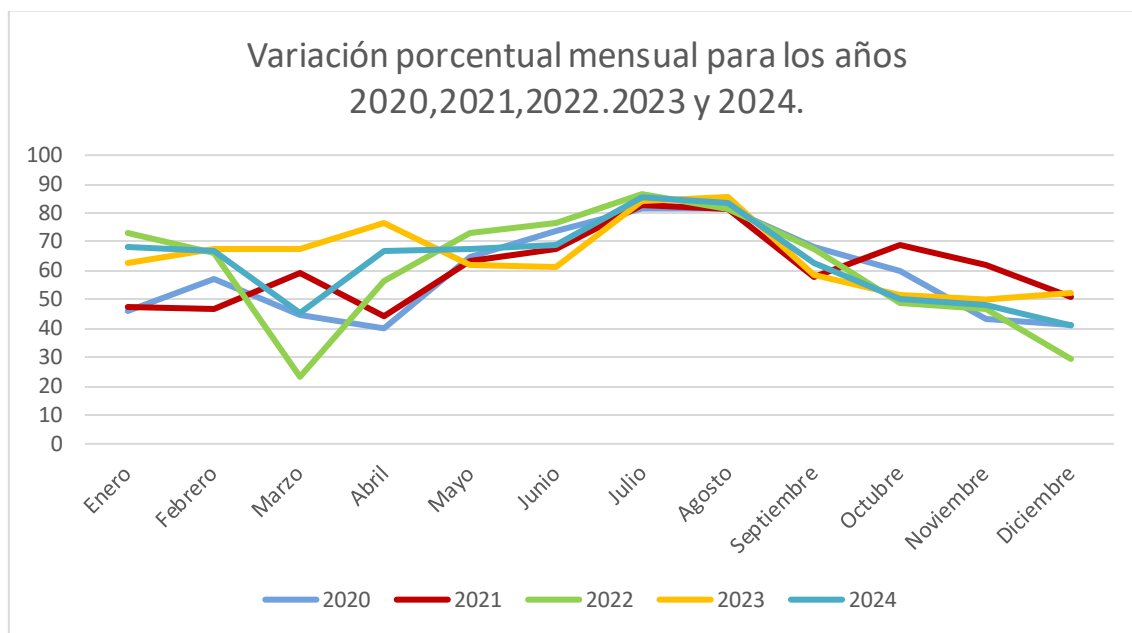


Figura 8: Variación mensual de la Radiación solar para los años 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024.

5. Entregables.

A continuación, se detallan los archivos a entregar al cliente:

- EsAytMadridOt2024PotSol_Atr.shp: Capa vectorial en formato shapefile de las cubiertas de los edificios de Madrid.
- EsAytMadridOt2024PotSol_Atr.xml: Metadatos respectivos a la capa.
- EsAytMadridOt2024PotSol.tif: Capa en formato ráster (.TIF) del índice de potencialidad solar.
- EsAytMadridOt2024PotSol.xml: Metadatos respectivos a la capa.
- EsAytMadridOt2024PotInf.pdf: El actual documento.