

Estudio del Potencial Fotovoltaico sobre los Tejados del Núcleo Urbano de Miraflores de la Sierra (Madrid)

A. M^a. Martín Ávila
A. Berdugo Zamora



Estudio del Potencial
Fotovoltaico sobre los
Tejados del Núcleo Urbano
de Miraflores de la Sierra
(Madrid)

A. M^a. Martín Ávila

A. Berdugo Zamora

Dirección: J. Domínguez Bravo y J. Amador Guerra

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Catálogo general de publicaciones oficiales
<http://www.060.es>

Depósito Legal: M-26385-2011
ISSN: 1135-9420
NIPO: 721-15-055-5

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

S14

PHOTOVOLTAIC POWER SUPPLIES; SPAIN; SOLAR RADIATION; URBAN AREAS;
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS; REMOTE SENSING

Estudio del Potencial Fotovoltaico sobre los Tejados del Núcleo Urbano de Miraflores de la Sierra (Madrid)

Martín Ávila, A. M^a.; Berdugo Zamora, A.
69 pp. 19 ref. 11 fig. 3 tablas

Resumen:

El informe recoge los principales resultados del estudio sobre el potencial fotovoltaico desarrollado en el municipio madrileño de Miraflores de la Sierra. Este estudio forma parte del proyecto gSolarRoof, desarrollo de un modelo geográfico para la evaluación del potencial solar en tejados y cubiertas en ámbitos urbanos y periurbanos, donde se ha desarrollado un primer prototipo del modelo.

El municipio serrano posee un amplio potencial fotovoltaico capaz de satisfacer en una buena medida sus necesidades eléctricas. El aprovechamiento de los tejados de las zonas de urbanizaciones es potencialmente superior a las del casco central de la ciudad, debido fundamentalmente a los efectos de sombra, acrecentados en el centro urbano.

El principal valor del estudio es una serie de mapas temáticos que representan la irradiación solar anual, así como la potencia y energía para las cinco principales tecnologías fotovoltaicas comerciales estudiadas. Estos mapas se complementan con un visor cartográfico web que nos permite analizar los resultados a nivel de edificio.

Este estudio tiene vocación de continuidad tanto en el desarrollo de nuevas funcionalidades para el modelo gSolarRoof como en la aplicación del mismo a otros municipios.

Study of Photovoltaic Potential Over the Rooftops of the Town of Miraflores de la Sierra (Madrid)

Martín Ávila, A. M^a.; Berdugo Zamora, A.
69 pp. 19 ref. 11 fig. 3 tables

Abstract:

This report presents the main results of the study on the photovoltaic potential developed in the Madrid municipality of Miraflores de la Sierra (Spain). This study is part of the gSolarRoof project, development of a geographic model for the evaluation of solar potential on roofs in urban and suburban areas, where it has developed the first prototype model.

Miraflores has a large PV potential capable of meeting, in for good measure, their electrical needs. The use of roof areas of urbanizations is potentially superior to those of the central part of the city, mainly due to shadow effects in the city center.

The main value of the study is a series of thematic maps depicting the annual solar irradiation and the power and energy to the five major commercial PV technologies studied. These maps are complemented by a web mapping viewer that allows us to analyze the results at the building.

This study is intended to be continuity in the development of new features for gSolarRoof model and applying it to other municipalities.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	5
1. PROBLEMÁTICA ABORDADA	7
2. EL MUNICIPIO DE MIRAFLORES DE LA SIERRA Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	9
3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	13
3.1. Fuentes de datos.....	13
3.2. Modelo geográfico	15
3.3. Presentación de los resultados: Cartografía y visor	18
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	21
4.1. Edificios.....	21
4.2. Superficie	22
4.3. Irradiación solar global anual.....	22
4.4. Potencia instalada	25
4.5. Energía generada.....	27
4.6. Síntesis de resultados	30
5. A MANERA DE CONCLUSIÓN	31
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
7. RECURSOS DIGITALES	35
ANEXO I. VISOR CARTOGRÁFICO.....	37
I. Botones desplegados	38
II. Ventanas emergentes	40
III. Herramientas.....	41
ANEXO II. MAPAS TEMÁTICOS	47

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS, GRÁFICOS Y MAPAS

Figura 1. Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra	9
Figura 2. Límite de la zona de estudio	10
Figura 3. Instalaciones fotovoltaicas del Polideportivo Municipal	11
Figura 4. Nube de puntos LIDAR proporcionada por el IGN.....	14
Tabla 1. Eficiencia de las principales tecnologías comerciales fotovoltaicas.....	16
Figura 5. Modelo ejecutado con ArcGIS.....	17
Figura 6. Ejemplos de diagrama propuestos para realizar la cartografía.....	19
Figura 7. Mapa de edificios singulares.....	21
Figura 8. Irradiación solar característica del centro urbano	23
Figura 9. Irradiación solar característica de las urbanizaciones	23
Figura 10. Sombras características del centro urbano	24
Figura 11. Sombras características de las urbanizaciones	24
Grafico 1. Potencia instalada para todo el municipio según la tecnología	25
Grafico 2. Distribución de los edificios en función de la potencia instalada	26
Grafico 3. Distribución de la superficie en función de la potencia instalada	26
Gráfico 4. Energía generada para todo el municipio en función de la tecnología	27
Grafico 5. Distribución de edificios en función de la energía generada	28
Grafico 6. Distribución de la superficie de tejado en función de la energía generada..	28
Tabla 2. Síntesis de resultados generales para el municipio.....	30
Tabla 3. Resultados de energía y potencia en función de la tecnología.....	30
Figura 12. Acceso al visor <i>gSolarRoof</i>	37
Figura 13. Distribución de las herramientas y botones del visor.....	38
Figura 14. Botones despleables del visor.....	38
Figura 15. Botón desplegable ‘Leyenda’	39
Figura 16. Botón desplegable ‘Lista de capas’	39
Figura 17. Botón desplegable ‘Información adicional’	40
Figura 18. Ventana emergente ‘Edificios históricos’	40
Figura 19. Ventana emergente ‘Edificios generales’	41
Figura 20. Herramientas del visor	41
Figura 21. Herramienta ‘Buscador de direcciones’.....	42
Figura 22. Herramienta ‘Zoom’	42

Figura 23. Herramienta 'Inicio'	43
Figura 24. Herramienta 'Ubicación'	43
Figura 25. Herramienta 'Vista general'	44
Figura 26. Herramienta 'Galería de mapas base'	44
Figura 27. Herramienta 'Swipe'	45
Figura 28. Herramienta 'Imprimir'	45
ANEXO II: Mapa 1. Irradiación solar global anual	49
ANEXO II: Mapa 2. Potencia instalada: silicio monocristalino	51
ANEXO II: Mapa 3. Potencia instalada: silicio multicristalino.....	53
ANEXO II: Mapa 4. Potencia instalada: CIS.....	55
ANEXO II: Mapa 5. Potencia instalada: CdTe	57
ANEXO II: Mapa 6. Potencia instalada: silicio amorfo.....	59
ANEXO II: Mapa 7. Energía generada: silicio monocristalino.....	61
ANEXO II: Mapa 8. Energía generada: silicio multicristalino	63
ANEXO II: Mapa 9. Energía generada: CIS	65
ANEXO II: Mapa 10. Energía generada: CdTe.....	67
ANEXO II: Mapa 11. Energía generada: silicio amorfo.....	69

PRESENTACIÓN

El estudio que aquí presentamos es fruto de la colaboración entre el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Madrid y la División de Energías Renovables del CIEMAT. Gracias al apoyo del Ayuntamiento de Miraflores de la Sierra (Madrid) hemos podido avanzar en el desarrollo de modelos geográficos que nos permitirán evaluar con una alta precisión los potenciales energéticos en entornos urbanos. Un primer avance en este sentido es el análisis del potencial fotovoltaico en los tejados del núcleo urbano de este municipio madrileño. Los resultados del estudio recogidos en este documento son una colección de mapas que representan tanto la potencia fotovoltaica instalada como la energía que podrían generar las cinco principales tecnologías existentes en el mercado.

Como hemos comentado, este estudio es un primer avance, y en él no debe buscarse la precisión numérica en cada edificio, sino la viabilidad de contar con esta fuente de energía gratuita que sin duda contribuirá a mejorar el medio ambiente de nuestro entorno y a aliviar la carga económica que supone la factura eléctrica.

Hay que reconocer que este proyecto no podría haber sido realizado sin el trabajo entusiasta y altruista de numerosas personas, muchos de ellos estudiantes en nuestra institución que han utilizado este excelente laboratorio para desarrollar sus proyectos académicos. Quisiéramos mencionar, entre muchos otros, a los responsables y técnicos del Excmo. Ayuntamiento de Miraflores de la Sierra, a Oscar Rodado, Victor Canivell, el CETA-CIEMAT, por el esfuerzo prestado en la puesta a punto de sus ordenadores para la ejecución del modelo, a la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica del CIEMAT y, en particular, a Nuria Martín, Luis Zarzalejo y Luis Arribas, entusiastas investigadores del CIEMAT siempre dispuestos a avanzar en el desarrollo de las renovables. A todos ellos muchas gracias.

Finalmente, ofrecer nuestras capacidades como instituciones públicas para continuar avanzando en la investigación y en la mejora de las condiciones de vida de nuestros ciudadanos mediante el desarrollo armónico y sostenible de nuestras ciudades.

Javier Domínguez, Madrid octubre de 2015.

1. PROBLEMÁTICA ABORDADA

La alteración del clima inducida por la actividad del ser humano, cada vez más demandante de energía, hace necesario fomentar acciones para que mitigue nuestro impacto sobre el entorno, incrementando la utilización de fuentes de energías renovables, sostenibles y, económica y socialmente, rentables. Para ello, debemos abordar el cambio en el modelo energético actual, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles, incentivando la generación distribuida con energías renovables y mejorando la eficiencia energética.

Una de estas fuentes, cuyo desarrollo ha experimentado importantes avances, es la energía solar. España, debido a su clima y situación geográfica es uno de los países de Europa con un mayor número de horas de Sol al año, proporcionándonos la oportunidad de explotar una energía limpia, con una productividad y potencial notables que cubrirían una parte considerable de nuestras necesidades energéticas.

Un objetivo prioritario de la política energética de la Unión Europea (UE) es la transición hacia un modelo que promueva un uso racional de la energía y la mejora en la eficiencia, estableciendo una cuota mínima para el año 2020 del 20 % en el consumo de energía procedente de fuentes renovables (UE, 2012). Considerando que gran parte de la población mundial se concentra en las ciudades, resulta necesario implementar planes urbanos destinados a garantizar en el futuro un desarrollo sostenible de los entornos urbanos, aprovechando los recursos humanos y la tecnología disponibles.

Por estos motivos, es fundamental disponer de herramientas adecuadas que permitan establecer de forma ágil y precisa la capacidad que tienen las ciudades para generar energía y, en concreto, el porcentaje de la demanda eléctrica en cada edificio que puede cubrirse con la producción propia de energía solar.

Según la UE, el 40 % de la energía total consumida corresponde a los edificios (UE, 2010). Para paliar esta situación la Directiva 2010/31/UE introduce el concepto de Edificios de Consumo Energético Casi Nulo “edificios con un nivel de eficiencia muy alto y en los que la energía requerida está cubierta, en gran medida, por energía procedente de energías renovables, incluida la producida in situ o en el entorno” y establece el 31 de Diciembre de 2018 para su aplicación a todos los nuevos edificios propiedad y ocupados por autoridades públicas, y el 31 de Diciembre de 2020, para

todos los edificios nuevos. Esta directiva se transpone a la legislación española por el RD 235/2013 por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

La energía solar es una de las energías renovables con mayor potencial de producción de energía in situ y los tejados de los edificios suelen disponer de zonas sin un uso determinado, que cuando poseen las características adecuadas para instalaciones solares, pueden proporcionar un espacio valioso, con dimensiones considerables cuando se trata de edificios industriales, comerciales y de ocio.

La estimación de los recursos energéticos requiere de un detallado análisis de la información espacial. En la actualidad, el desarrollo que han alcanzado las tecnologías de detección de sensores remotos como el LIDAR (Light Detection and Ranging), junto con la capacidad de análisis de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ofrecen herramientas que facilitan el levantamiento de modelos urbanos y el estudio del planeamiento territorial. No obstante, una vez realizado el análisis, es imprescindible difundir los resultados obtenidos para que los diferentes usuarios tengan acceso a los mismos de forma rápida y sencilla. Indudablemente, las tecnologías de la información facilitan esta labor con la creación de geoportales en internet para la difusión de toda la información generada. Al igual que en otros países, en España se ha creado una red de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs), de acceso libre, que pone a disposición de los ciudadanos y las instituciones la información geográfica, representando un apoyo fundamental en la toma de decisiones.

En este marco energético, ambiental y tecnológico es donde se desarrolla nuestra investigación. A continuación describimos los resultados alcanzados en Miraflores de la Sierra. Esta descripción comienza con una breve introducción del municipio para continuar con la descripción de la metodología empleada en el estudio, abordar los resultados del mismo y las posibilidades de visualización mediante una colección de mapas y un visor web.

2. EL MUNICIPIO DE MIRAFLORES DE LA SIERRA Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Miraflores de la Sierra es un municipio de la Comunidad de Madrid ubicado en la Sierra de Guadarrama, dentro de la comarca de la Cuenca Alta del Manzanares a 49 km al norte de la capital. Se encuentra a una altitud media de 1.145 m, siendo el pico de La Najarra (2.120 m) el punto más alto del término municipal. Miraflores de la Sierra tiene una superficie de 56,66 km² y se localiza a 40° 48' 50" de latitud Norte y a 30° 45' 55" de longitud Oeste.

El clima en Miraflores de la Sierra, continental templado, presenta elementos de las áreas cercanas a la montaña al tratarse de una zona formada por un valle cerrado por el norte. La temperatura media anual es de 10,9 °C y la precipitación de 686 mm, con aproximadamente 2.238 horas de Sol al año.

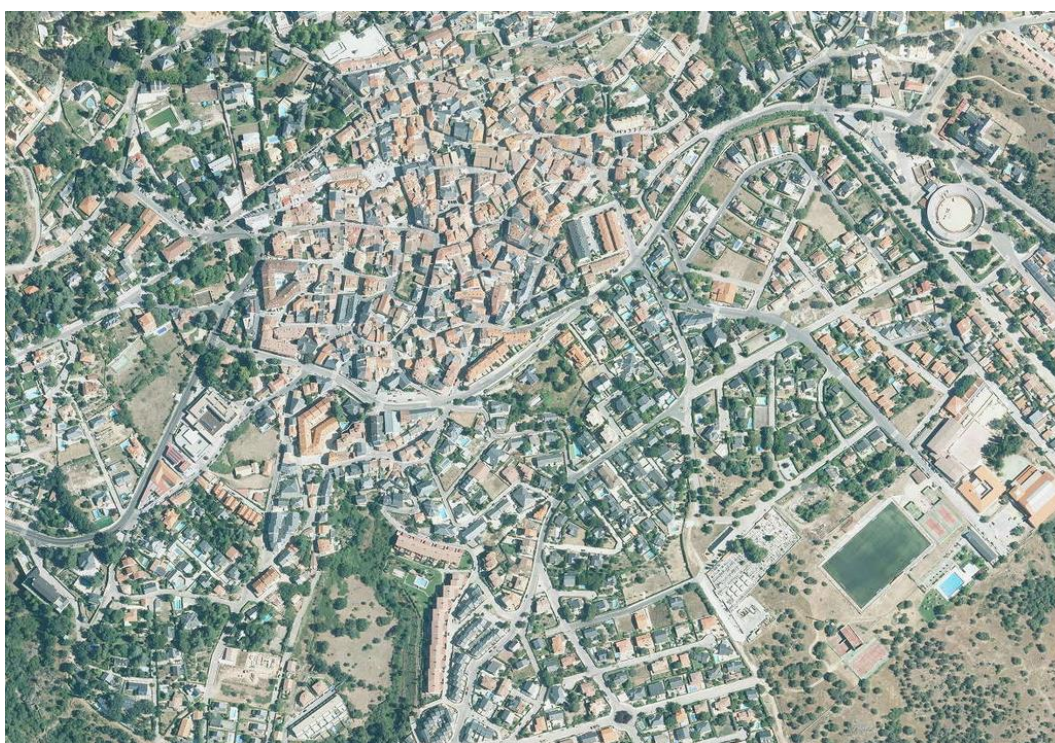


Figura 1. Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra (Comunidad de Madrid).

El paisaje del municipio se caracteriza por la abundante presencia de vegetación destacando las formaciones boscosas de pino silvestre, melojares y encinas, destacando, también por su paisaje adeshado, típico de entornos ganaderos.

Miraflores de la Sierra cuenta con 5.890 habitantes (INE, 2014) y una densidad de población de 105,53 hab/km², es un municipio residencial, cuya actividad económica está actualmente centrada en el sector servicios aunque los usos ganaderos todavía siguen estando presentes.

La estructura del entorno urbano varía en función de la configuración y antigüedad de las construcciones. La zona central tiene una gran concentración de edificios y está rodeada por urbanizaciones, de manzanas más homogéneas y con menor densidad de viviendas que, en algunas zonas, cuentan con abundante vegetación. Se trata de un municipio de baja densidad de ocupación del suelo en el que la mitad del mismo tiene un porcentaje de suelo construido inferior a 30 % (AEMA, 2014).

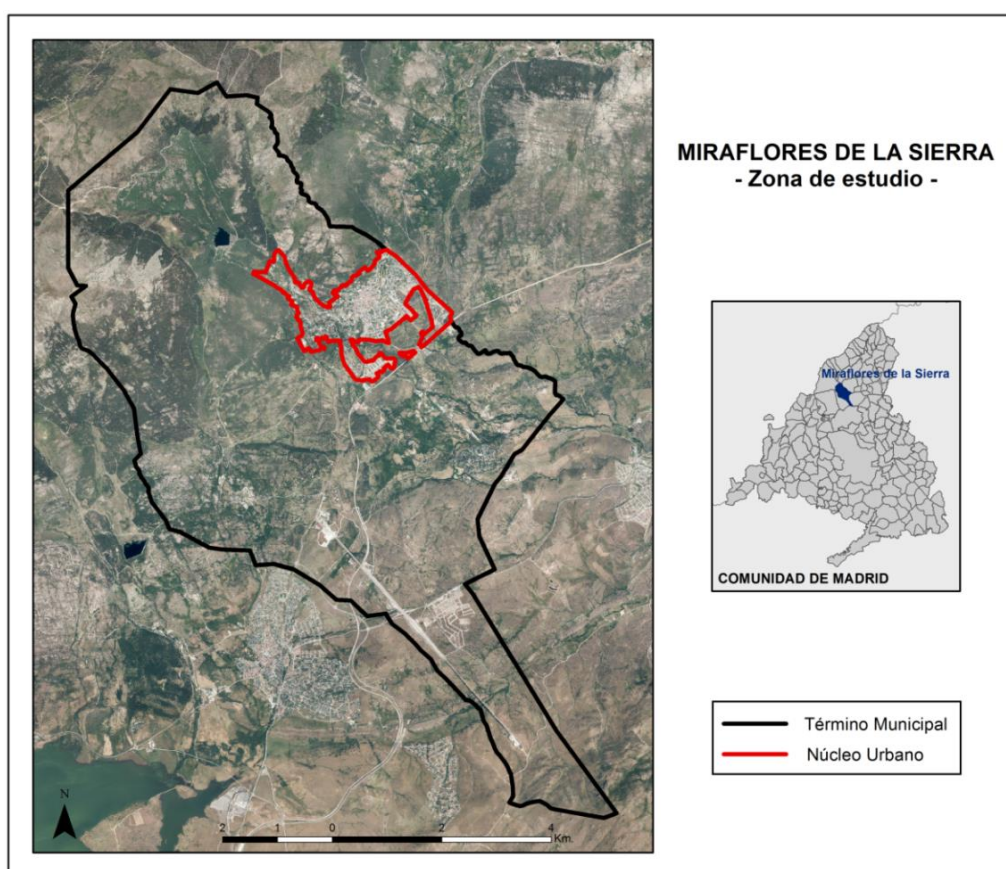


Figura 2. Límite de la zona de estudio (IGN).

El área estudiada es el núcleo urbano que tiene una extensión de 4.219.295 m². En esta zona se han analizado 2.849 edificios con una superficie total de 382.683 m². Aunque el mayor potencial fotovoltaico se suele dar en los grandes edificios: industriales, comerciales, bloques de viviendas y equipamientos; la tipología de edificios predominante en el municipio se caracteriza por la presencia de viviendas

unifamiliares, que al disponer de mayor superficie de tejados libre para instalaciones solares puede cambiar dicha tendencia.

La electricidad consumida en Miraflores de la Sierra en el año 2013, fue de 19.822 MWh, que representa un 0,08 % del porcentaje total facturado en la Comunidad de Madrid, con una energía per cápita de 3.360,23 kW/h (CAM, 2013). En el municipio se han llevado a cabo diversas actuaciones dirigidas al aprovechamiento de la energía solar, instalando sistemas fotovoltaicos conectados a la red en las cubiertas de edificios municipales. Entre otros, el Polideportivo Municipal dispone de una potencia instalada de 30 kW proporcionada por 216 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino y el Colegio Público Vicente Aleixandre tiene una instalación fotovoltaica con una potencia total de 12,7 kW (FENERCOM, 2005).



Figura 3. Instalaciones fotovoltaicas del Polideportivo Municipal (Google Earth).

3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

A continuación vamos a realizar una breve descripción de la metodología empleada en este estudio, recogiendo las fuentes de datos que han permitido realizar el mismo, los modelos desarrollados para su implementación y, finalmente, la forma en la que se han elaborado la cartografía con los resultados del estudio, objeto principal del presente documento.

3.1. Fuentes de datos

Las fuentes de datos geográficos disponibles suelen ser heterogéneas, siendo necesario un tratamiento previo de toda la información adquirida para dotarla de un formato adecuado que permita su integración en el SIG. En el desarrollo del estudio se han consultado diferentes portales web, de acceso público, donde han sido localizadas las siguientes capas de datos y cuyos enlaces pueden ser consultados al final del informe:

- **Datos LIDAR.**

Los ficheros de nubes de puntos, disponibles en el [Instituto Geográfico Nacional](#) (IGN), corresponden al vuelo LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) del año 2010. El IGN proporciona archivos de datos LIDAR que cubren todo el territorio español.

Los ficheros están en formato '.las' (versión 1.2) y constituyen hojas que cubren una extensión de 2x2 km. La densidad media de la nube de puntos es de 0,5 puntos/m² que implica un espaciamiento entre puntos, menor de 1,41 m. Además, los puntos disponen de información de color (RGB) procedente de la ortofotografía.

- **Distribución de los edificios.**

La [Dirección General de Catastro](#) dispone de un servicio de consulta de la información catastral y datos cartográficos vectoriales en formato 'shapefile'. Este servicio ofrece una variada información del catastro rústico y urbano como el parcelario catastral (referencia catastral) y la delimitación de edificios (elementos constructivos y número de plantas).

- **Datos de la posición del Sol.**

El servicio web [SoDa](#) (Solar Energy Services for Professionals) facilita el acceso a diferentes enlaces para consultar información relacionada con la radiación solar. Uno de estos enlaces Solar Geometry 2 (SG-2), biblioteca para el cálculo de la situación del Sol. En este portal web, seleccionando para una ubicación geográfica, la fecha y un intervalo de tiempo, genera tablas de datos de la posición solar.

- **Distribución de los edificios singulares y monumentos.**

En cualquier núcleo urbano se localizan edificios cuya antigüedad o singularidad no los hace adecuados para la instalación de módulos fotovoltaicos. Para determinar su distribución, ha sido necesario consultar la [Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad de Madrid](#) (IDEM), con información municipal relativa a los límites administrativos y la localización de puntos de interés (administración pública, centros educativos, turismo, transporte, etc.), y el mapa turístico de Miraflores de la Sierra.

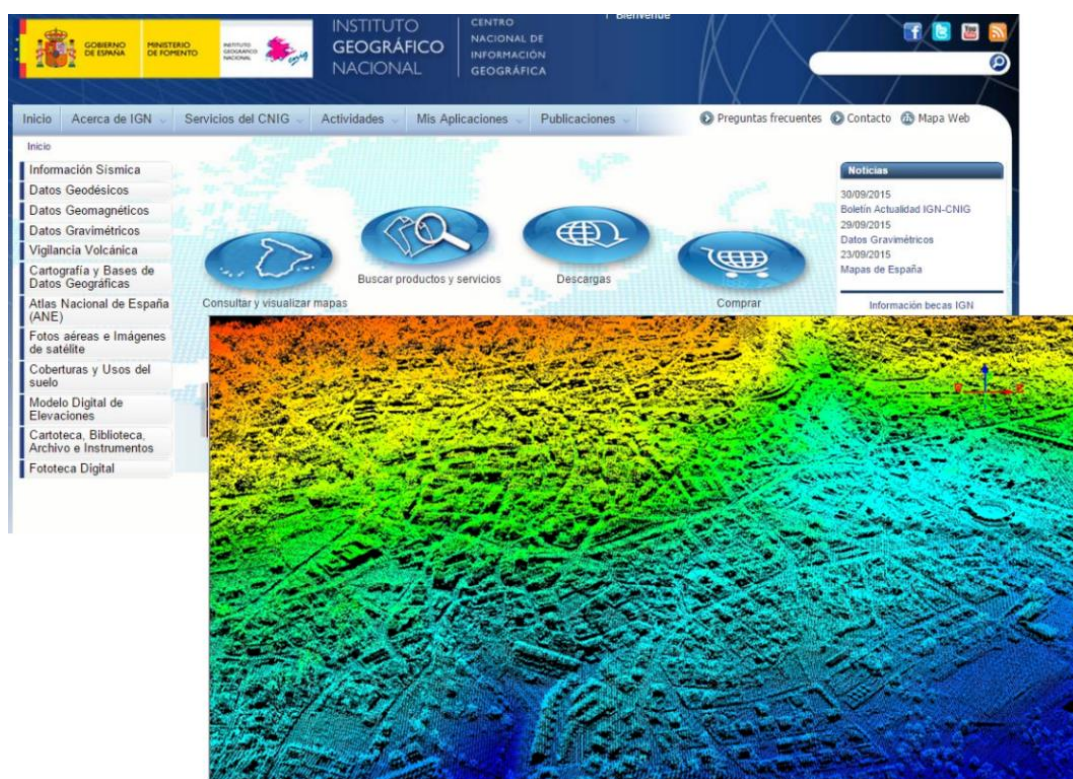


Figura 4. Nube de puntos LIDAR proporcionada por el IGN.

3.2. Modelo geográfico

El principal propósito del proyecto *gSolarRoof*, desarrollado por el grupo de Tecnologías de la Información Geográfica y Energías Renovables del CIEMAT, es el diseño de un modelo geográfico para la evaluación del potencial fotovoltaico de una zona urbana. El estudio se realiza basándose en el modelo digital de superficie (MDS) del entorno urbano, levantado a partir de una nube de puntos LIDAR (previamente depurada y clasificada), que se integra en un modelo realizado con ArcGIS.

El modelo permite establecer la posibilidad de instalar sistemas fotovoltaicos en los tejados de los edificios, analizando las localizaciones óptimas y calculando la generación de energía. *gSolarRoof* modelo realiza cálculos totales para una zona determinada y también proporciona datos de todos los edificios analizados del conjunto urbano. Su ejecución consta de tres bloques fundamentales:

1. Cálculo de la superficie disponible en los tejados para instalar sistemas fotovoltaicos.

El aprovechamiento de la radiación solar de los edificios dependerá de su situación y distribución, siendo la situación óptima de los módulos aquella que maximice la energía capturada por el sistema a lo largo del año. Para determinar la superficie útil, los emplazamientos deben cumplir una serie de características que se determinan analizando los siguientes factores:

- a) Las pérdidas en la generación de energía ocasionadas por la inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos según el criterio establecido en el 'Documento Básico HE5' del Código Técnico de la Edificación (MFOM, 2009).
- b) La superficie de los tejados afectada por sombras a lo largo del año, teniendo en cuenta el efecto de los edificios adyacentes, zonas arboladas, o cualquier otro elemento sombreador del entorno urbano circundante.
- c) La superficie perimetral de los tejados para el acceso a los módulos fotovoltaicos, que facilite la realización de los trabajos de mantenimiento y seguridad.
- d) La localización de los monumentos o edificios que, por su importancia histórica y/o singularidad, no son adecuados para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

2. Determinación de la irradiación solar.

La diversidad de formas en que las áreas urbanas se distribuyen, influye considerablemente en la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de las cubiertas, limitando de esta forma la posibilidad de generación de electricidad sobre las mismas. La radiación solar incidente depende no sólo de los cambios en la posición del Sol o de la situación geográfica, sino que además está afectada por factores tales como los agentes atmosféricos, parámetros topográficos como la pendiente y la orientación, las características de las superficies y la presencia de obstáculos que por sus dimensiones puedan proyectar sombras sobre ellas. En el estudio, la radiación es calculada para toda la zona como radiación global, considerando un intervalo de tiempo anual.

3. Estimación de la potencia instalada y de la producción de energía eléctrica.

gSolarRoof permite estimar la potencia instalada (capacidad de energía que puede generarse en condiciones ideales) y la producción de energía eléctrica anual considerando diferentes tecnologías solares. Sin embargo, no toda la energía solar que incide sobre los módulos fotovoltaicos puede convertirse en electricidad.

En el mercado existen varios tipos de módulos con diferentes valores de eficiencia. Ésta depende de factores tales como la temperatura, radiación solar, inclinación, orientación, etc. En este sentido, por ejemplo, los módulos de lámina delgada tienen un coste inferior que los módulos de cristal de silicio, pero al disponer de valores de eficiencia menores será necesaria una mayor superficie para producir la misma cantidad de energía eléctrica.

TIPOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS		EFICIENCIA
Cristal de silicio	Silicio monocristalino (m-Si)	15 - 18 %
	Silicio multicristalino (mc-Si)	14 - 17 %
Lámina delgada	Cobre / Indio / Galio / Seleniuro (CIGS)	11 - 13 %
	Cadmio / Teluro (CdTe)	9 - 13 %
	Silicio amorfo (a-Si)	5 - 9 %

Tabla 1. Eficiencia de las principales tecnologías comerciales fotovoltaicas (Martín-Chivelet, 2015 y otros).

A lo largo del desarrollo de este proyecto, el modelo geográfico diseñado ha ido evolucionando, principalmente para resolver la necesidad de adaptar las herramientas

creadas a los factores estudiados y mejorar así los tiempos de ejecución del proceso. Los dos modelos generados dentro del proyecto están basados en la metodología anteriormente descrita, presentando las siguientes características propias:

- Modelo 1: Para la estimación de la irradiación solar utiliza la extensión 'Solar Analyst' de ArcGIS. Esta herramienta calcula la radiación global considerando la posición del Sol y cualquier elemento topográfico, edificios y árboles definidos en el MDS de la zona que generen sombras, analizando también su pendiente y orientación (Martín A.M., 2014).
- Modelo 2: Determina la irradiación solar sobre paneles situados en tejados planos o inclinados utilizando un método geométrico de cálculo a partir de datos horarios radiación horizontal. Este algoritmo considera las sombras, orientación e inclinación de los tejados y la temperatura. (Verso A., 2015).

Después de realizar pruebas con ambos modelos y comprobar las considerables diferencias en los tiempos de ejecución de los mismos cuando se trata de realizar el proceso completo para zonas urbanas de mayor extensión, el potencial fotovoltaico en el núcleo urbano de Miraflores de la Sierra se ha evaluado con el modelo 1, ya que el segundo, más complejo, es considerado apto sólo para edificios aislados o pequeñas manzanas.

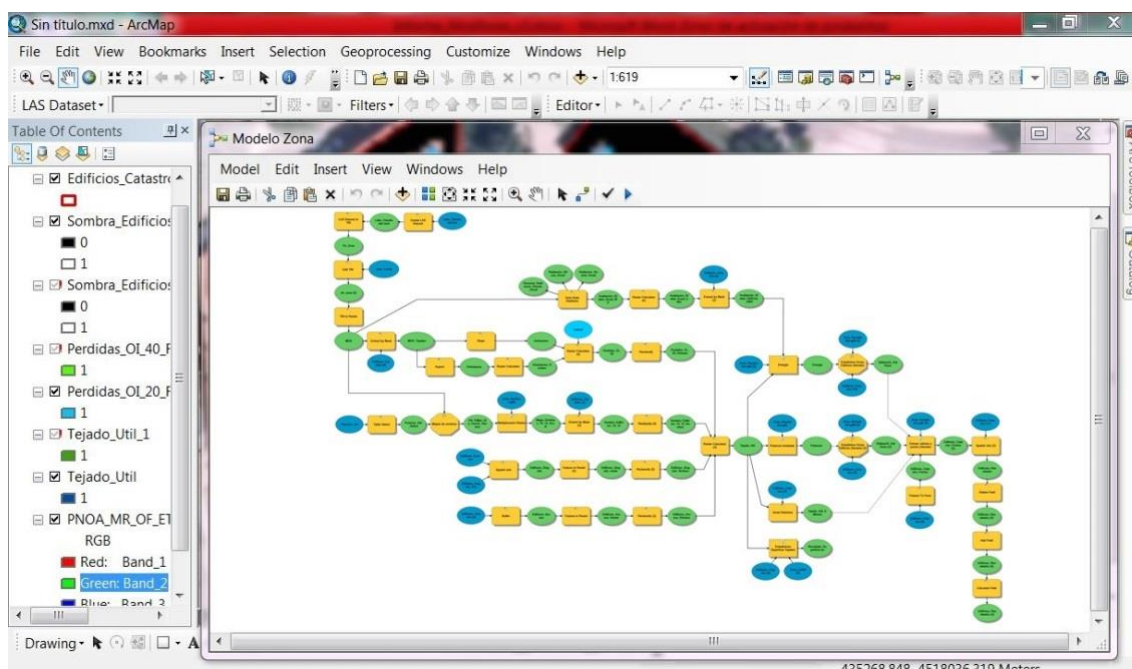


Figura 5. Modelo ejecutado con ArcGIS.

3.3. Presentación de los resultados: Cartografía y visor

En este apartado se aborda la metodología utilizada para realizar la cartografía temática a partir de los resultados, de forma que sea eficaz y permita una comprensión rápida y correcta por parte del usuario final.

El proceso de creación de la cartografía se ha basado en el texto de *Agnes T. Aldana* y *Ernesto Flores R.* relativo a la diagramación de mapas temáticos, y se divide en las siguientes fases:

- En la primera fase se identifican los distintos elementos que conforman el mapa y se agrupan posteriormente en una serie de conjuntos. Los conjuntos que engloban los elementos de nuestra cartografía son:
 - Conjunto 1: Se trata del objeto del mapa, la realidad cartográfica que se quiere plasmar. Es el conjunto de mayor importancia y el que ha de tener una presencia destacada en nuestra cartografía.
 - Conjunto 2: Comprende el título y subtítulo.
 - Conjunto 3: Se trata de la leyenda. Ésta ha de ser ordenada y descriptiva e incluir, siempre que sea necesario, un pequeño texto explicativo.
 - Conjunto 4: Comprende el autor de la cartografía y la institución o centro donde se desarrolla la misma.
 - Conjunto 5: Comprende la imagen de situación y el norte magnético, ayudan al usuario a identificar el área de estudio en el espacio.
 - Conjunto 6: Se trata de las fuentes cartográficas y bibliográficas utilizadas para realizar la cartografía.
- En la segunda fase se determina la dimensión, forma y ubicación de los distintos conjuntos dentro del mapa, siempre otorgando la mayor prioridad al conjunto primero. Para realizar este proceso se generan una serie de esquemas o diagramas con las distintas propuestas de ubicación, de los cuales se escoge el más acertado.

Una vez se ha elegido el diagrama en el cual se va a estructurar nuestra cartografía se procede a la realización de la misma. Como se podrá observar, se han añadido elementos extra a la cartografía final como una serie de gráficas de distribución y se ha dotado de cierto protagonismo al mapa base, el cual además de aportar información al usuario ayuda a delimitar la zona de estudio de forma eficaz.

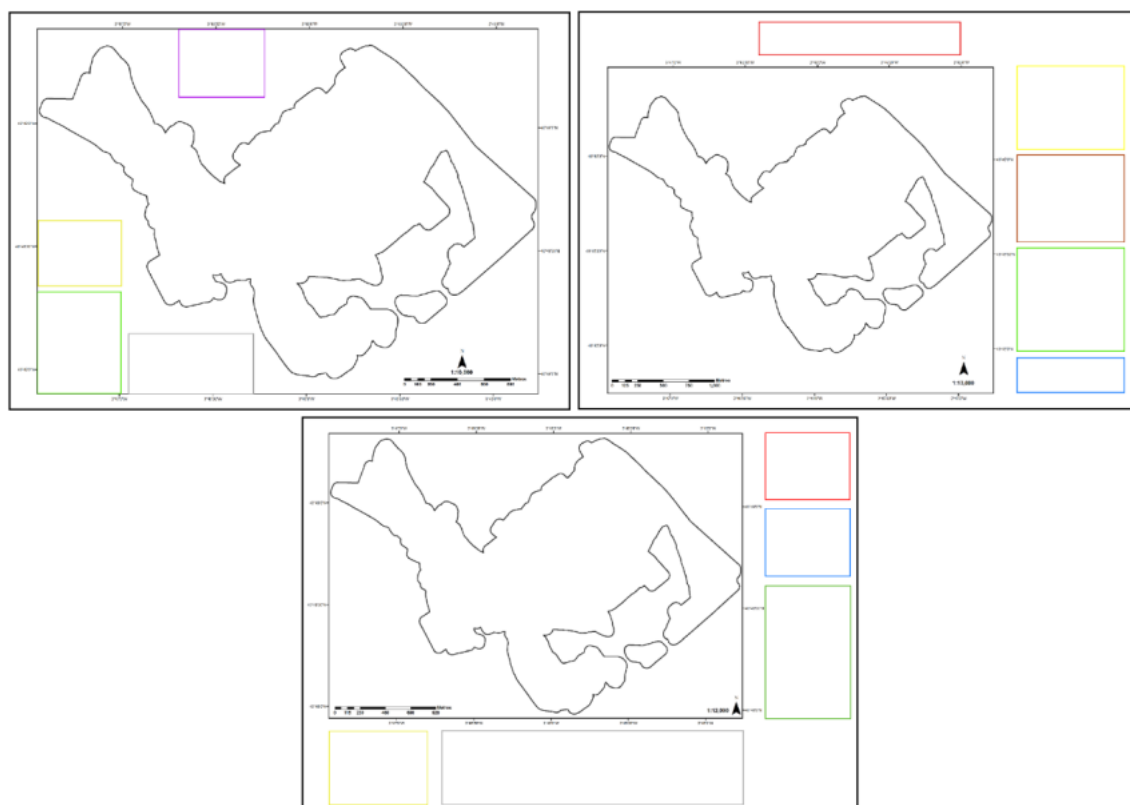


Figura 6. Ejemplos de diagramas propuestos para realizar la cartografía.

Junto a esta cartografía de alta calidad se ha desarrollado un visor web utilizando la plataforma ArcGIS Online, creada por ESRI. Esta plataforma nos permite cargar información de índole geográfica en la nube y generar mapas o visores que representen dicha información.

El primer paso a la hora de crear el visor web ha sido el tratamiento de las distintas capas de información que se iban a incluir. La mayor parte de las capas excedían las limitaciones de elementos o entidades que impone la plataforma ArcGIS Online, por lo tanto, se tuvo que minimizar la presencia de elementos recurriendo a dos procedimientos:

- La división de capas principales en varias más pequeñas que almacenaran en conjunto la misma información.
- La disolución de capas con gran cantidad de elementos a partir de rangos, generando capas resultantes con la misma extensión pero un número de elementos mucho más reducidos.

Una vez cargadas las capas en la nube, se estableció el formato en el que se iba a representar la información y los parámetros estéticos de cada capa.

Para el último paso se utilizó la herramienta WebApp Builder, incluida dentro de ArcGIS Online, que nos permitió crear un visor y determinar las herramientas y la presentación final del visor web.

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El principal objeto de este estudio es presentar la colección de mapas resultado de este proyecto de investigación. Se trata de once mapas temáticos (irradiación y potencia y energía por cada una de las cinco tecnologías fotovoltaicas estudiadas) que podemos consultar al final de este documento en el ANEXO II.

Adicionalmente, dentro de este proyecto se ha desarrollado un visor de la cartografía a través de internet. En el ANEXO I se incluye una sencilla guía para su utilización.

4.1. Edificios

Una vez realizado el estudio se han obtenido datos relativos a las 2.849 parcelas catastrales pertenecientes al núcleo urbano Miraflores de la Sierra.



Figura 7. Mapa de edificios singulares.

Del total de edificios analizados no fueron considerados aptos para albergar instalaciones fotovoltaicas 238 de ellos, bien porque las características no eran las adecuadas: Irradiación solar recibida y orientación, inclinación y morfología del edificio; o bien por el valor histórico de los mismos, que hace inapropiada cualquier modificación de su envolvente.

4.2. Superficie

La superficie total de la zona de estudio es de 4.219.295,13 m², correspondiente a la zona urbanizada de Miraflores de la Sierra. La escasa presencia de tejados en las zonas agrícolas o forestales del término municipal hace que sea poco productivo establecer el término municipal como área de estudio.

Con una superficie de 382.683,13 m², la superficie urbanizada constituye el 9,06 % del total estudiado. Con estos datos queda patente la baja densidad del municipio, con una gran extensión de suelo sin urbanizar y una estructura rural muy marcada.

Una vez establecidos los criterios de análisis y selección del tejado disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos obtenemos una superficie de 111.770 m², correspondiente al 29,21 % de la superficie urbanizada y un 2,65 % del área de estudio.

4.3. Irradiación solar global anual

Según la herramienta *Solar Analyst*, incluida en ArcGIS, Miraflores de la Sierra recibe una irradiación solar global anual de 357.447,14 MWh. La irradiación recibida por cada tejado dependerá de la orientación del mismo y de las características estructurales del edificio y sus adyacentes, así como la vegetación presente, factores que determinarán el grado de sombreado.

Como se podrá observar en la cartografía referente a la irradiación solar, áreas de mayor densidad y heterogeneidad de edificios tienen una mayor probabilidad de presentar regiones en sombra generadas por la presencia de estructuras de mayor tamaño.

En zonas como el núcleo urbano, donde la densidad y heterogeneidad de edificios es mayor, es más probable que ciertos inmuebles se vean “tapados” en parte por la presencia y cercanía de otros de mayor tamaño. Sin embargo, en zonas residenciales como las presentes en los límites del pueblo, con casas homogéneas y distanciadas unas de otras, es improbable que las zonas de menor irradiación se deban a la sombra generada por otras estructuras, siendo el factor más importante la orientación del tejado.

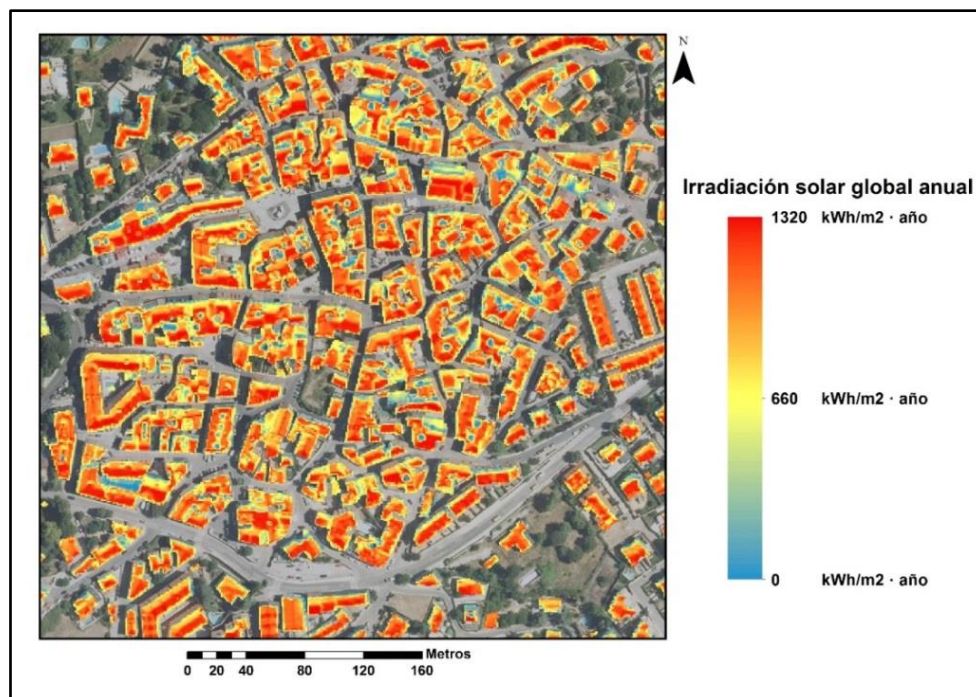


Figura 8. Irradiación solar característica del centro urbano.

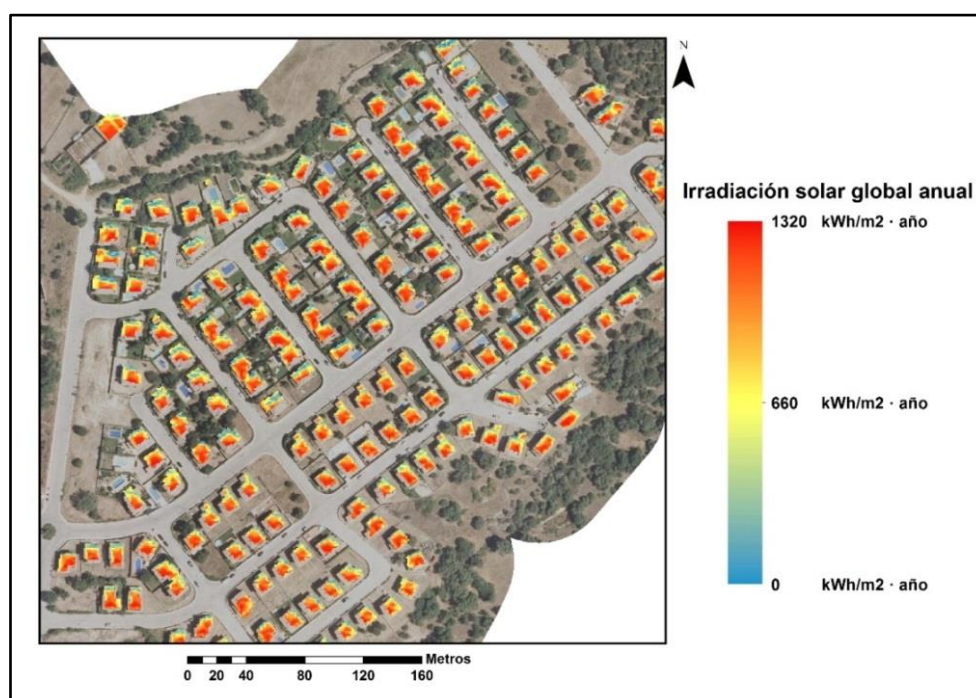


Figura 9. Irradiación solar característica de las urbanizaciones.

Si observamos el mapa de sombras, podemos ver como en el núcleo urbano de Miraflores de la Sierra las zonas en sombra están distribuidas de forma más o menos heterogénea. Aunque la mayoría de sombras las encontramos en la zona norte de los edificios, debido a la orientación de los tejados, hay edificios que presentan mayor

diversidad de regiones sombreadas. Podemos deducir que dichas regiones son resultado tanto de la morfología del edificio como de la influencia de las estructuras adyacentes.

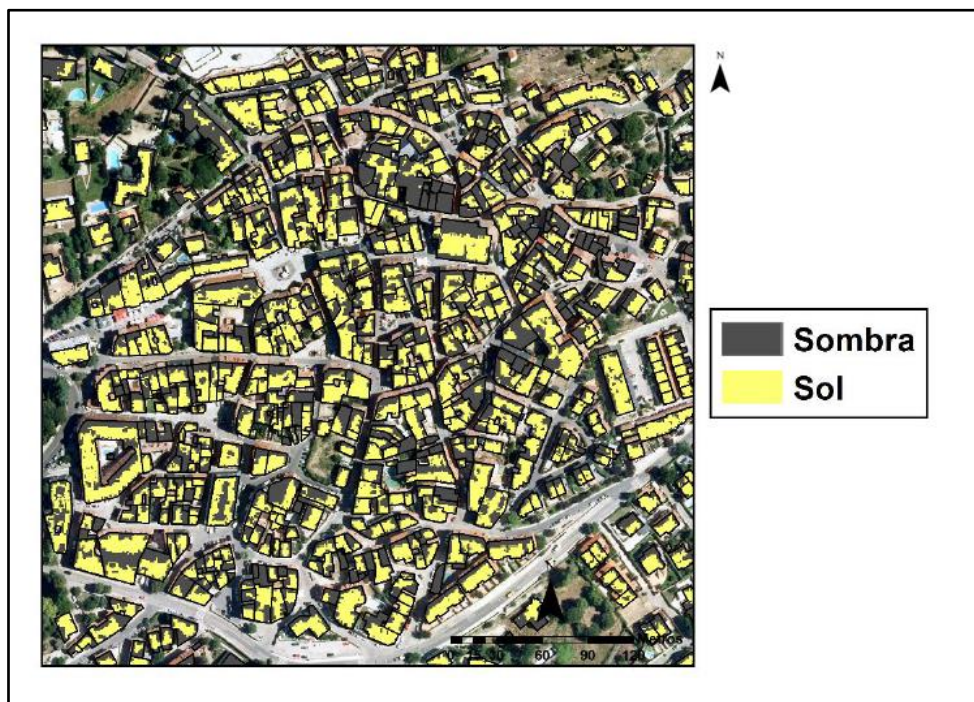


Figura 10. Mapa de sombras características del centro urbano.

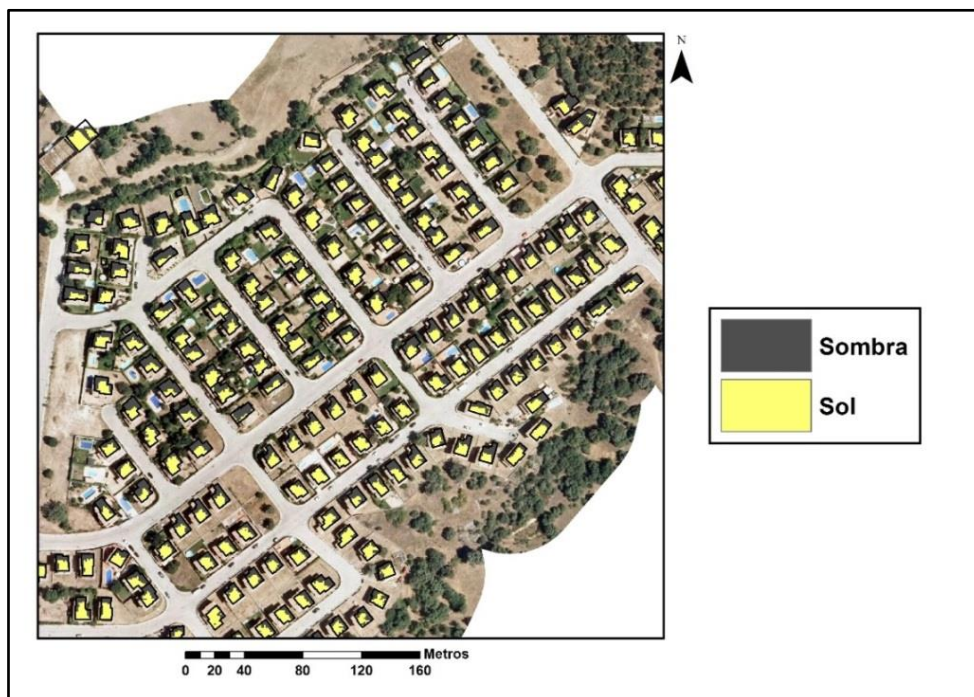


Figura 11. Mapa de sombras características de las urbanizaciones.

En las áreas residenciales las zonas sombreadas se dan sólo en las zonas septentrionales de los edificios. Como se expuso anteriormente, la presencia de jardines en las parcelas hace que los edificios se encuentren separados por varios metros, impidiendo que se tapen unos a otros. Solo la presencia puntual de algún árbol de gran porte puede generar sombras en los tejados de las zonas residenciales. En las figuras 10 y 11 podemos observar este fenómeno referido al máximo de sombras anual en el momento central del día.

4.4. Potencia instalada

La potencia instalada en cada edificio depende de la irradiación anual recibida, la superficie de tejado disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos y su tecnología.

Las distintas tecnologías fotovoltaicas empleadas se diferencian en dos tipos: silicio cristalino y lámina delgada. Ambos grupos poseen características diferenciadoras que hacen aconsejable su aplicación según la casuística concreta, si bien, las tecnologías basadas en el silicio son las más difundidas y cuentan con una mayor potencia instalada.

Los tipos de módulos fotovoltaicos incluidos en el estudio son las 5 tecnologías comerciales con mayor implantación: silicio monocristalino, silicio policristalino, silicio amorfo, diseleniuro de cobre indio CIS y telurio de cadmio CdTe.

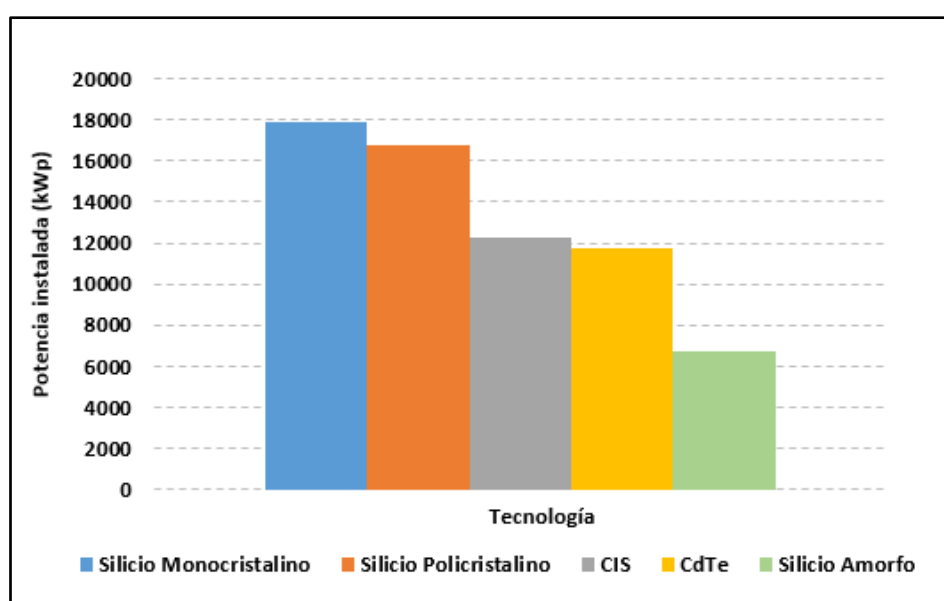


Gráfico 1. Potencia instalada para todo el municipio según la tecnología.

Como se observa en el gráfico superior, la potencia instalada en Miraflores de la Sierra para cada tecnología se corresponde con su nivel de eficiencia (indicado en la tabla 1) por tanto, es mayor para silicio monocristalino y policristalino, y el silicio amorfo da los resultados más bajos. Las otras dos tecnologías de lámina delgada, CIS y CdTe, obtienen unos resultados intermedios, coherentes con sus valores de eficiencia.

Con respecto a la distribución de la superficie de tejado y los edificios en función de la potencia instalada podemos observar como es similar a la de la energía generada y, por lo tanto, las conclusiones que podemos extraer se corresponden.

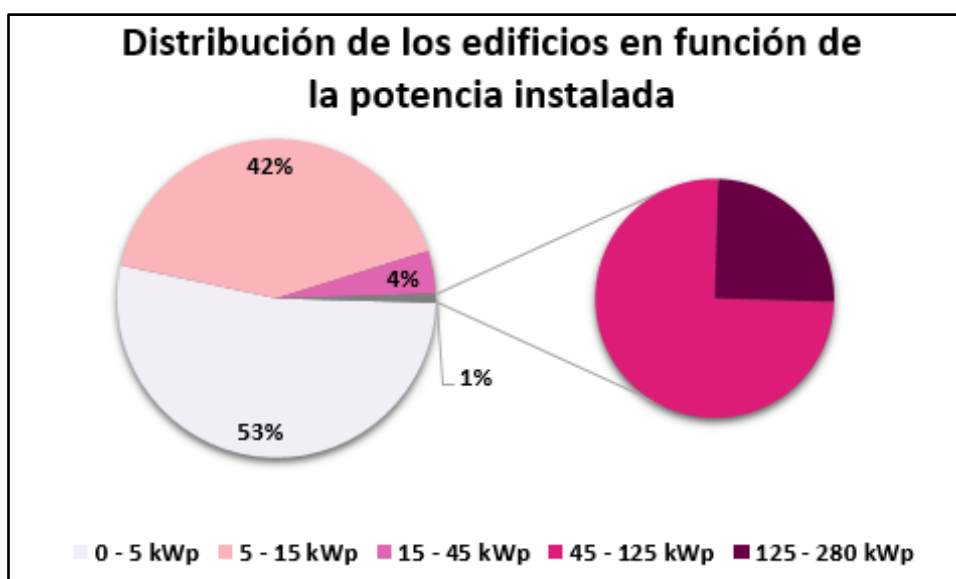


Gráfico 2. Distribución de los edificios en función de la potencia instalada.

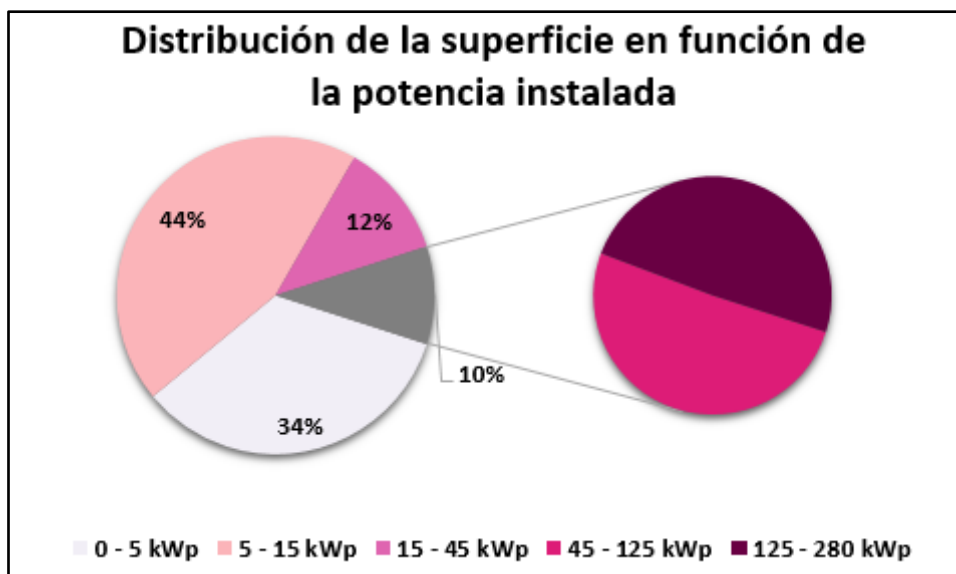


Gráfico 3. Distribución de la superficie de tejados en función de la potencia instalada.

4.5. Energía generada

Cuando hablamos de la energía generada por hora en el municipio, si bien está sometida a diversos factores como las pérdidas, la posición del Sol, nubosidad y el comportamiento de las distintas tecnologías en diversas situaciones, los resultados obtenidos son acordes a la potencia instalada.

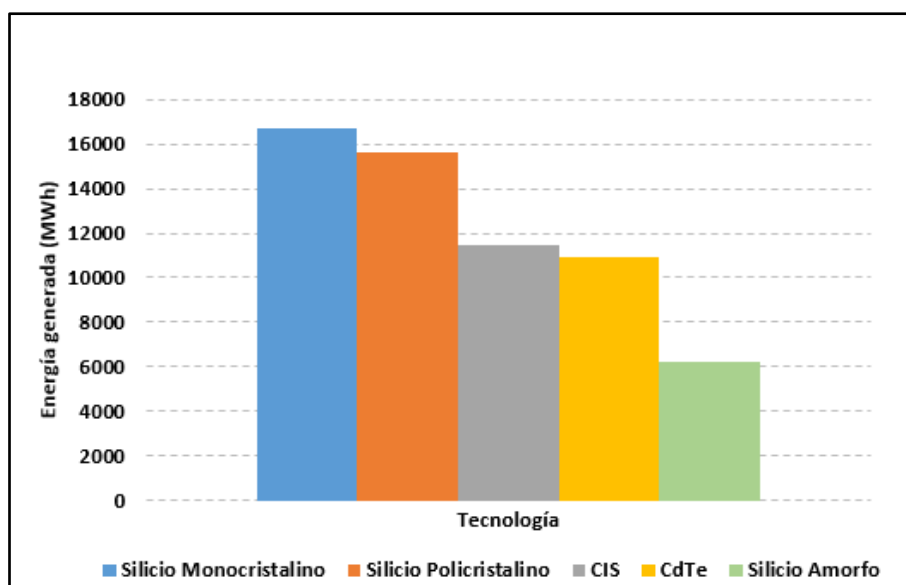


Gráfico 4. Energía generada para todo el municipio en función de la tecnología.

De forma idéntica al análisis de potencias instaladas, la mayor generación de energía por hora corresponde a los módulos de silicio monocristalino y policristalino, las tecnologías de lámina delgada, CIS y CdTe, en una posición intermedia y el silicio amorfo en último lugar, como la menos eficiente.

La energía generada por edificio obedece a la morfología y orientación del tejado. La idoneidad del tejado para la generación de energía se establece bien por la superficie disponible para la instalación de placas solares, o bien por la irradiación solar recibida. Por lo tanto, se corresponde con la cantidad de placas fotovoltaicas instaladas y el rendimiento de las mismas.

Edificios con una gran superficie homogénea y orientada al sur sin apenas sombras generarán más energía que otros con una superficie complicada y con varias orientaciones, que dará como resultado pequeñas zonas de tejado disponible con muy poco rendimiento.

La eficiencia de cada una de las tecnologías incluidas en el estudio puede observarse en la cartografía final, bien sea a través de la distribución de los edificios en el plano en función de la energía generada, o bien a través de las gráficas de distribución de edificios y superficie siguientes:

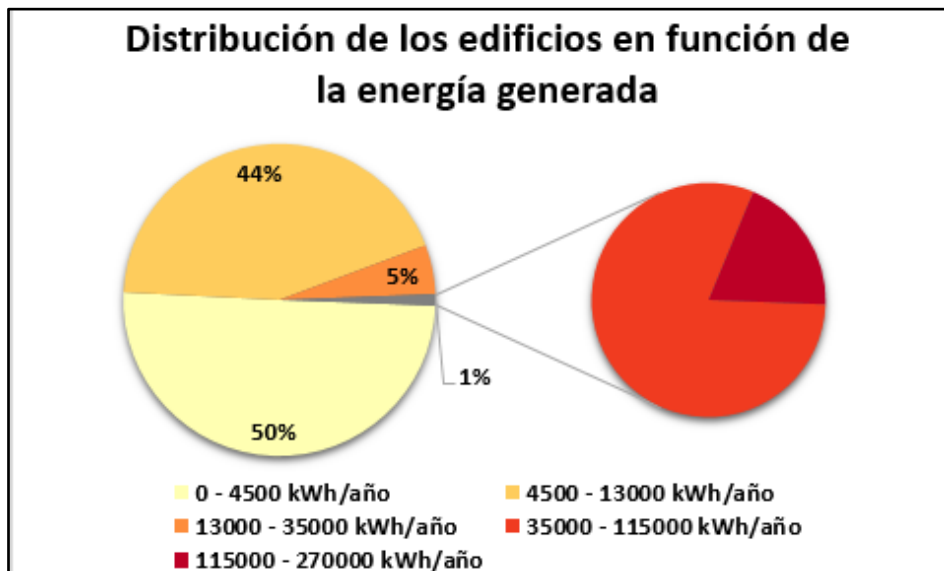


Gráfico 5. Distribución de edificios en función de la energía generada.

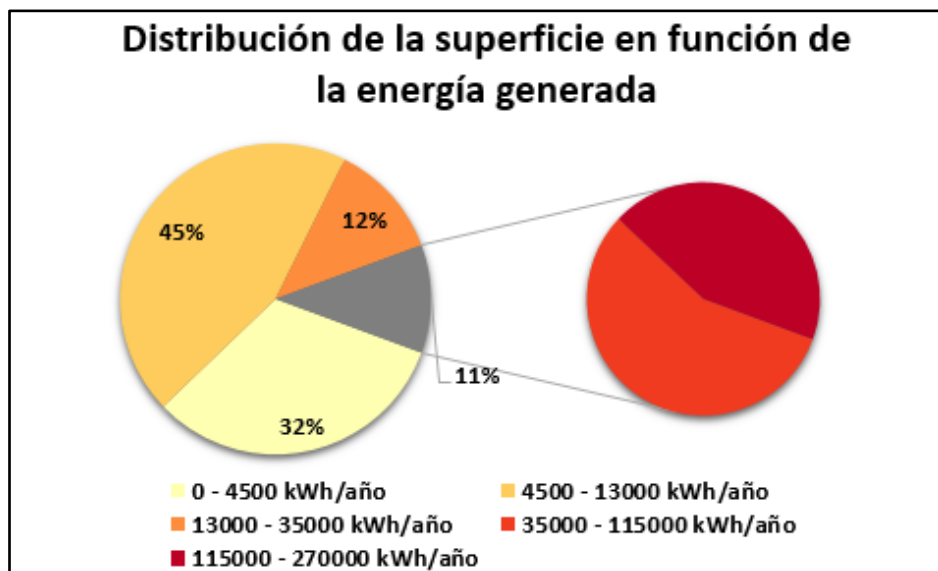


Gráfico 6. Distribución de la superficie de tejado en función de la energía generada.

La escasez de edificaciones que alcanzan las tasas más altas de generación de energía se corresponde con el pequeño número de edificios industriales y comerciales que posee el municipio. La mayoría de parcelas catastrales se corresponden tanto a

casas ajardinadas dispuestas ordenadamente en urbanizaciones periféricas como a edificaciones, también de poca superficie, dispuestas de forma más irregular en el núcleo urbano, esta gran cantidad de pequeñas parcelas generan cantidades más moderadas de energía en comparación con los edificios anteriormente citados.

La distribución de los edificios entre las dos primeras categorías de la leyenda (0 - 4.500 kWh/año, 4.500 - 13.000 kWh/año) probablemente se debe a la orientación y morfología de los tejados, así como a la presencia de elementos que puedan generar sombra sobre ellos.

La distribución de superficie en función de la generación de energía sigue una dinámica coherente con la distribución de edificios. A medida que aumenta la generación de energía, disminuye el número de edificios presentes en la misma y, por lo tanto, la superficie.

Sin embargo en el gráfico 6 observamos una serie de diferencias. La disminución de superficie en función del aumento energético no es tan acusada como en el gráfico 5, presentando un descenso progresivo. Esto es debido a que uno de los factores de mayor importancia en la generación de energía fotovoltaica por un edificio es la cantidad de superficie del mismo. A mayor superficie de tejado es más probable que, aún teniendo en cuenta el resto de factores, tenga una mayor superficie disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos, ya que muchos de los obstáculos consustanciales al edificio tienden a tener un menor significado respecto a la superficie total del mismo (antenas, chimeneas, etc.). Por lo tanto, en categorías superiores, donde la presencia de edificios es menor, la mayor superficie de los mismos hace que no se distancie tanto en la gráfica de la categoría anterior. Este efecto se produce en todas las categorías, porque a medida que aumenta la superficie disponible aumenta la energía generada. Por ejemplo, si tenemos en cuenta la categoría de mayor generación de energía (115.000 – 270.000 kWh/año), vemos que 6 edificios están incluidos en la misma, poco más del 0,2 %. Sin embargo, si utilizamos la gráfica de distribución de superficie, abarca el 4,9 % del total de superficie.

En la cartografía podemos observar como los edificios incluidos en la categoría de mayor energía generada tiene una superficie ampliamente mayor a la del resto de edificios del municipio.

4.6. Síntesis de resultados

Los resultados obtenidos a partir del modelo se resumen en las siguientes tablas:

EDIFICIOS	
Nº Edificios analizados	2.849
Nº Edificios con superficie útil	2.611
IRRADIACIÓN	
Irradiación solar anual	357.447 MWh
SUPERFICIE	
Total de la zona	4.219.295 m ²
Construida	382.683 m ²
Disponible	111.770 m ²

Tabla 2. Síntesis de resultados generales para el municipio.

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	POTENCIA INSTALADA (kWp)	ENERGÍA GENERADA (MWh/año)	COBERTURA DE DEMANDA (%)
Si-monocristalino	17.883	16.677	84
Si-multicristalino	16.765	15.634	79
CIS	12.294	11.465	58
CdTe	11.735	10.944	55
Silicio amorfo	6.706	6.253	31

Tabla 3. Resultados de energía y potencia en función de la tecnología.

En resumen, podemos considerar que el municipio cuenta con un potencial fotovoltaico importante que podría distribuirse entre buena parte de sus edificios, de forma tal que, la participación de los ciudadanos en la generación distribuida de electricidad, podría llegar a suponer un ahorro considerable respecto del actual consumo.

5. A MANERA DE CONCLUSIÓN

Los resultados que hemos referido en el epígrafe anterior nos aportan dos conclusiones fundamentales. En primer lugar, el gran **potencial solar** existente en el municipio y, en segundo lugar, la aportación del modelo *gSolarRoof* que permite determinar con una **precisión** entorno a un metro cuadrado el potencial para cada tejado.

Sintetizando, podemos decir que hay fundamentalmente cinco elementos que contribuyen, en mayor o menor medida, a los resultados obtenidos para el municipio de Miraflores de la Sierra:

- Los *factores morfológicos y posicionales* de las edificaciones afectan en gran medida tanto a la irradiación solar como a la potencia instalada y a la energía generada, interviniendo en la mayor parte de las fases del modelo.
- La *irradiación global anual* que recibe cada uno de los tejados en función de la posición y morfología de los edificios, y que a su vez influye directamente en la cantidad de energía generada y en la potencia instalada.
- La *tecnología utilizada* dictamina el resultado una vez establecido el resto de factores. La instalación de módulos fotovoltaicos de distinta eficiencia puede afectar en gran medida al potencial final del municipio.
- Las *sombras y el tejado disponible* son dos elementos de gran importancia para el resultado final. Las sombras proyectadas sobre un edificio pueden crear zonas en penumbra que limitan la irradiación solar recibida y, a su vez, afectan a la superficie disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos. Edificios con unas características morfológicas adecuadas y una elevada extensión pueden obtener resultados muy bajos o casi nulos. Se trata de un factor muy limitante ya que es imprescindible contar con superficies libres de sombras durante las principales horas del día.

A la vista de los resultados obtenidos en este trabajo podemos avanzar nuestra consideración sobre la enorme utilidad de las herramientas, fuentes de información y metodologías utilizadas para abordar la problemática de la generación distribuida de electricidad con energías renovables.

Estos resultados nos abren la puerta a nuevos horizontes de análisis donde pretendemos incluir otras tecnologías de generación (incluyendo aprovechamiento térmico), eficiencia, demanda y movilidad.

Además, consideramos que este tipo de estudios cartográficos pueden ser de una gran utilidad para múltiples agentes, desde los propios ciudadanos a título individual o colectivo (comunidades de vecinos, cooperativas, asociaciones), hasta las instituciones con responsabilidades, tanto en el planeamiento y la gestión urbana como en la promoción de las energías renovables y la sostenibilidad ambiental, empresas, centros comerciales, polígonos industriales, servicios (educativos, sanitarios, etc.) son otros de los potenciales beneficios de esta tecnología.

El CIEMAT, como centro público de investigación, ofrece su colaboración y apoyo a todos estos agentes para trabajar juntos en un nuevo modelo energético más sostenible.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, A.T., Flores R., E. (2000): "Diagramación de mapas temáticos". Universidad de los Andes, Venezuela. *Geoenseñanza* 5(1), pp. 95-122.
- Berdugo Zamora, A. (2015): "Estudio del potencial fotovoltaico en Miraflores de la Sierra mediante TIG. Análisis y publicación de resultados". Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia [TFM].
- Domínguez, J., Martín, A.M., Amador, J., Verso, A. (2014): "Modelo geográfico para la evaluación del potencial fotovoltaico en entornos urbanos". Conferencia ESRI-España 2014. Madrid.
- FENERCOM (2005). "Proyectos emblemáticos en el ámbito de la energía". Comunidad de Madrid, pp. 55.
- Martín Ávila, A.M. (2014): "Modelo geográfico para la estimación del potencial fotovoltaico en tejados. Caso de estudio: Miraflores de la Sierra". Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia [TFM].
- Martín, A.M., Domínguez, J., Amador, J. (2015): "Applying LIDAR datasets and GIS based model to evaluate solar potential over roofs: a review". *AIMS Energy* 11: 2.
- Martín, A.M., Domínguez, J. (2015): "Desarrollo de un modelo geográfico para la evaluación del potencial fotovoltaico en entornos urbanos". XXIV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles. Zaragoza.
- Martín-Chivelet, N. (2015): "Photovoltaic potential and land-use estimation methodology". *Energy*.
- Ministerio de Fomento (2009): "Código Técnico de la edificación. Documento Básico HE. Ahorro de Energía".
- RD 235/2013 por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.
- Unión Europea (2010): "Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios". *Diario Oficial de la Unión Europea* L153, pp. 13-35.
- Unión Europea (2012): "Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se

modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE”. Diario Oficial de la Unión Europea L315.

Verso. A., Martín, A., Amador, J., Domínguez, J. (2015): “GIS-based method to evaluate the photovoltaic potential in the urban environments: The particular case of Miraflores de la Sierra”. *Solar Energy* 117, pp. 236-245.

7. RECURSOS DIGITALES

Agencia Europea de Medio Ambiente. Urban Atlas. Disponible en: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>> [Consulta: 30 de septiembre de 2015].

Comunidad de Madrid. Banco de Datos Municipal y Zonal (ALMUDENA). Disponible en: <<http://www.madrid.org/desvan/Inicio.icm?enlace=almudena>> [Consulta: 30 de septiembre de 2015].

Comunidad de Madrid, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. IDEM-Infraestructura de Datos Espaciales Comunidad de Madrid. Disponible en <<http://www.madrid.org/cartografia/idem/html/web/index.htm>> [Consulta: 30 de septiembre de 2015].

Ministerio de Fomento. Instituto Geográfico Nacional (IGN). Disponible en: <<http://www.ign.es/ign/main/index.do>> [Consulta: 30 de septiembre de 2015].

Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Portal de la Dirección General del Catastro. Disponible en: <<http://www.catastro.meh.es>> [Consulta: 30 de septiembre de 2015].

SoDa, Solar Energy Service for Professionals. Disponible en: <<http://www.soda-pro.com/web-services/astronomy/solar-geometry-2>> [Consulta: 30 de septiembre de 2015].

ANEXO I. VISOR CARTOGRÁFICO

Para la publicación de los datos geográficos el visor *gSolarRoof* del CIEMAT está instalado en la plataforma ArcGIS Online de ESRI. Es un visor de acceso libre para los usuarios que puede ser consultado a través del enlace:

<http://ciemat.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=75bd823d86a84e38a280dd1ca44d76e8>

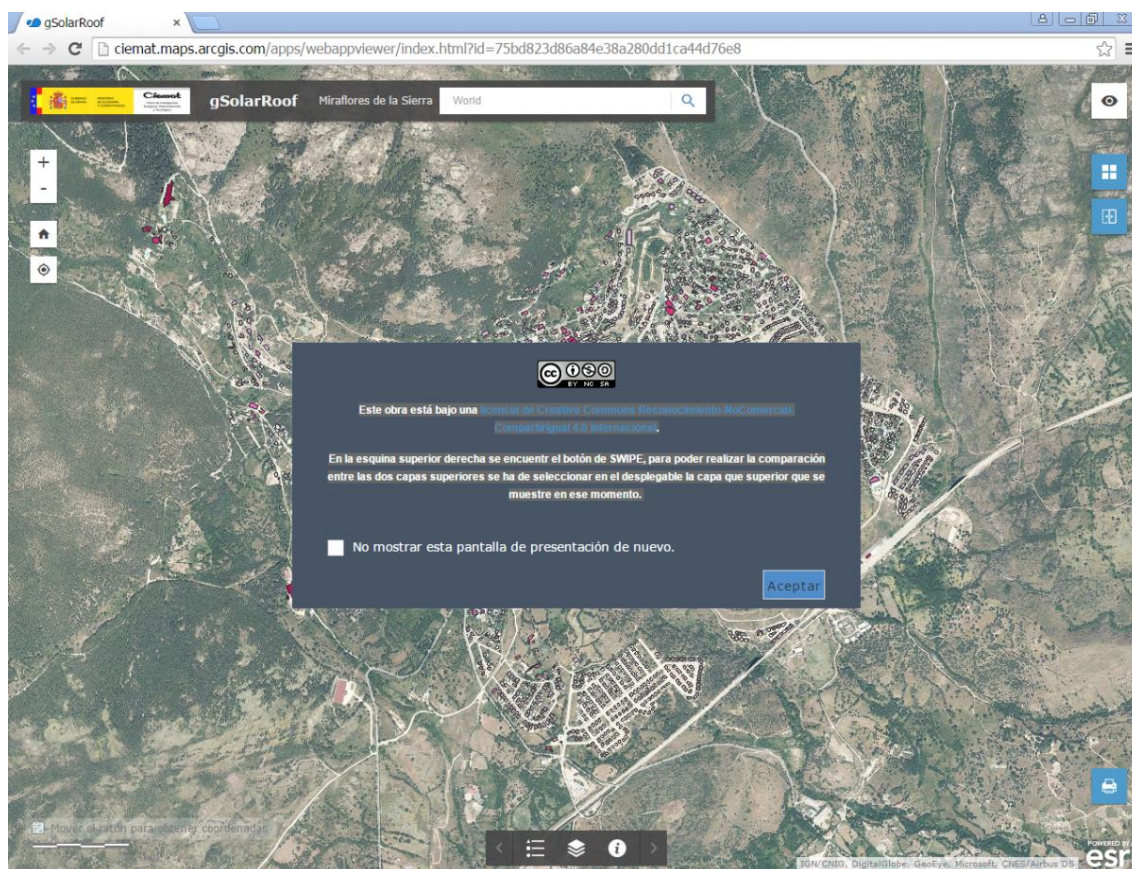


Figura 12. Acceso al visor *gSolarRoof*.

Las capas de información que se incluyen en el visor son: Edificios (el municipio está dividido en cuatro cuadrantes SO / SE / NO / NE), edificios singulares, potencia instalada, energía generada e irradiación solar anual.

Dichas capas representan unos rangos mediante una escala de color diferente en cada caso. Sirven para conocer de forma rápida las características más importantes de cada edificio del municipio.

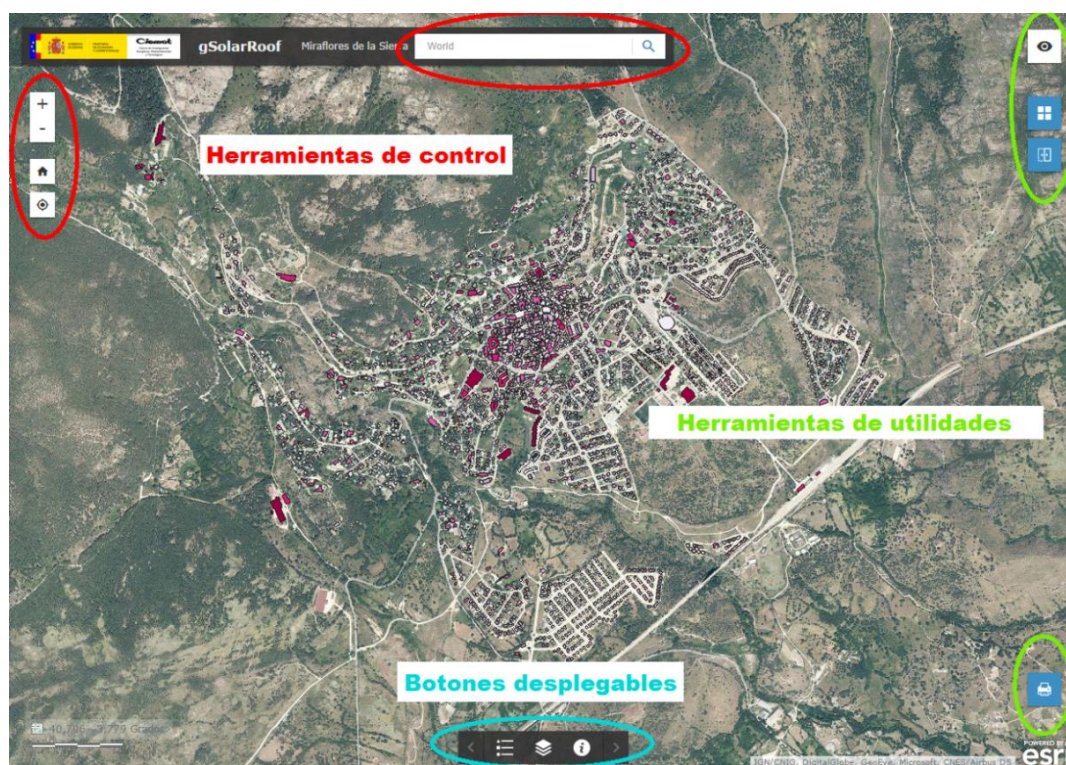


Figura 13. Distribución de las herramientas y botones del visor.

En el visor se han implementado una serie de botones desplegables, ventanas emergentes y herramientas que enumeramos a continuación con una explicación de su funcionamiento.

I. Botones desplegables

El visor, además de mostrar las distintas capas de información, presenta información adicional en forma de botones desplegables y ventanas emergentes:



Figura 14. Botones desplegables del visor.

- **Leyenda:** Muestra la leyenda correspondiente a las capas visibles en cada momento.

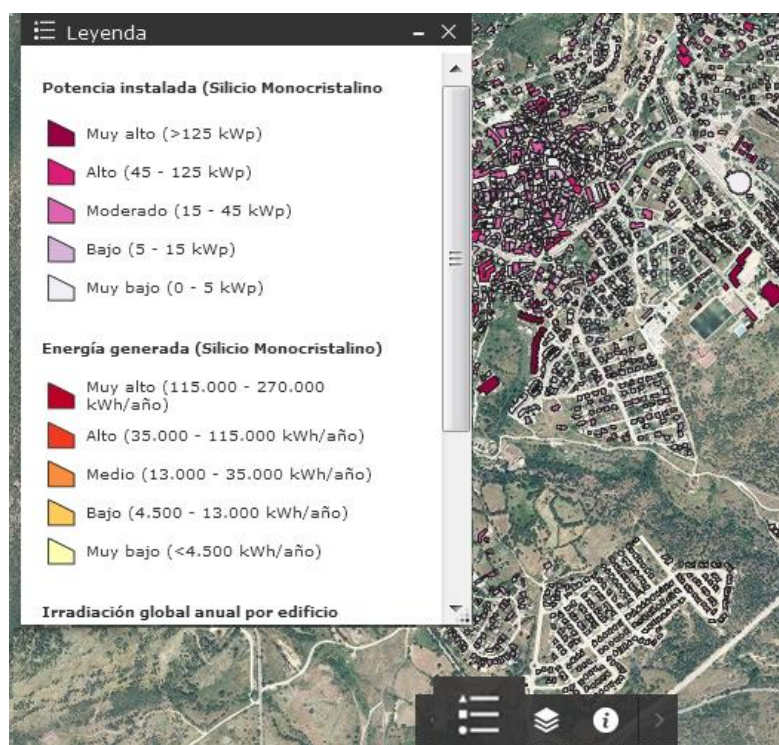


Figura 15. Botón desplegable 'Leyenda'.

- **Lista de capas:** Muestra las capas presentes en el visor, marcando o desmarcando la casilla de cada capa se pueden hacer visibles o no y, usando el menú desplegable de cada capa podemos desplazarlas arriba o abajo en la lista.

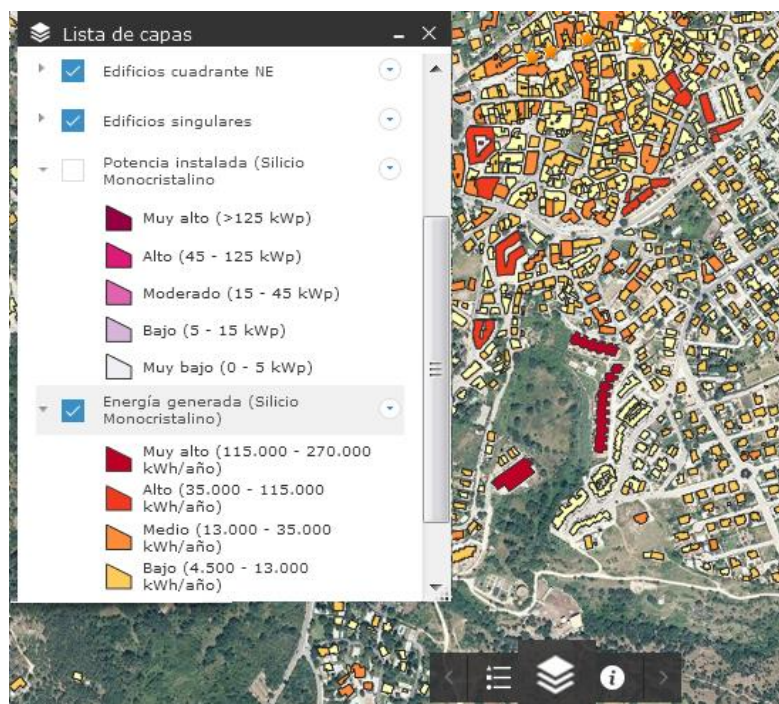


Figura 16. Botón desplegable 'Lista de capas'.

- **Información adicional:** Muestra información referente a los rangos establecidos para dividir la información mostrada en las ventanas emergentes. Sirve para conocer a que valores de corresponden cada uno de los rangos

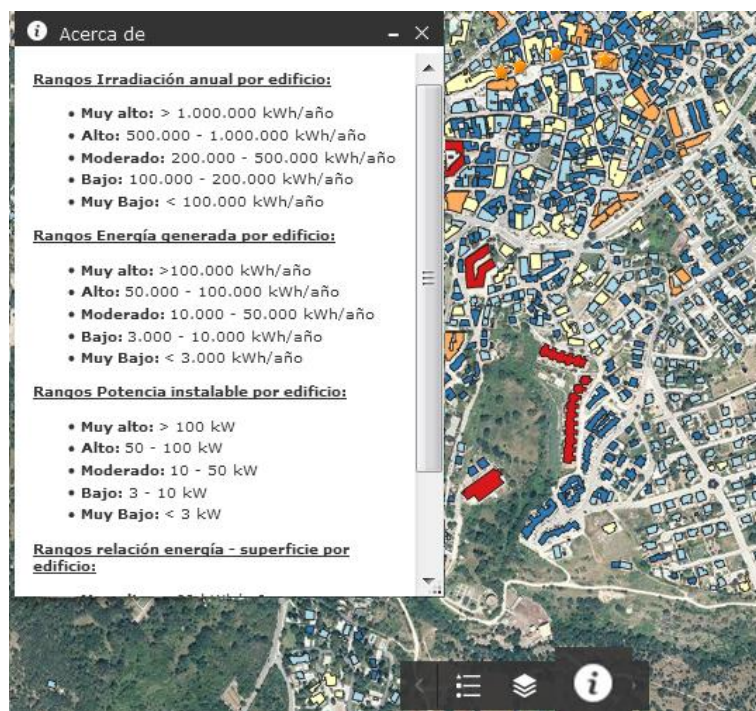


Figura 17. Botón desplegable 'Información adicional'.

II. Ventanas emergentes

Con respecto a las ventanas emergentes, generan dos tipos de ventana en función de la información que queramos saber:

- **Edificios históricos:** Se genera al pulsar sobre el icono de edificio singular. Muestra una foto del edificio en cuestión y su ubicación.



Figura 18. Ventana emergente 'Edificios históricos'.

- **Edificios generales:** Se genera al pulsar sobre cualquier edificio y genera gran cantidad de información relativa al edificio en cuestión: Superficie, irradiación solar, energía generada y potencia instalada para una de las tecnologías y relación entre la superficie y la energía generada. También incluye gráficas de distribución de superficie útil y total.



Figura 19. Ventana emergente 'Edificios generales'.

III. Herramientas

El visor consta de una serie de herramientas para facilitar al usuario la visualización de la información:

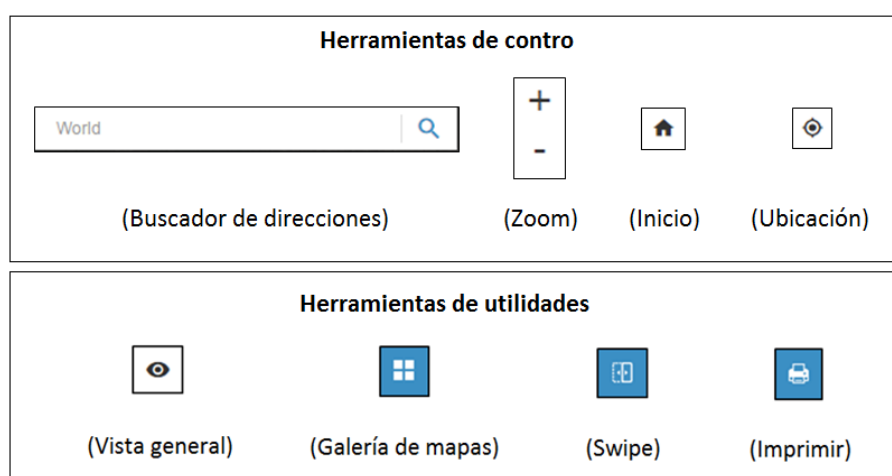


Figura 20. Herramientas del visor.

- **Buscador de direcciones por teclado:** En el podemos introducir la dirección que deseamos buscar en el municipio. Al ser un motor de búsquedas a nivel internacional, concretar el municipio en el que se ubica la dirección deseada, en nuestro caso Miraflores de la Sierra.

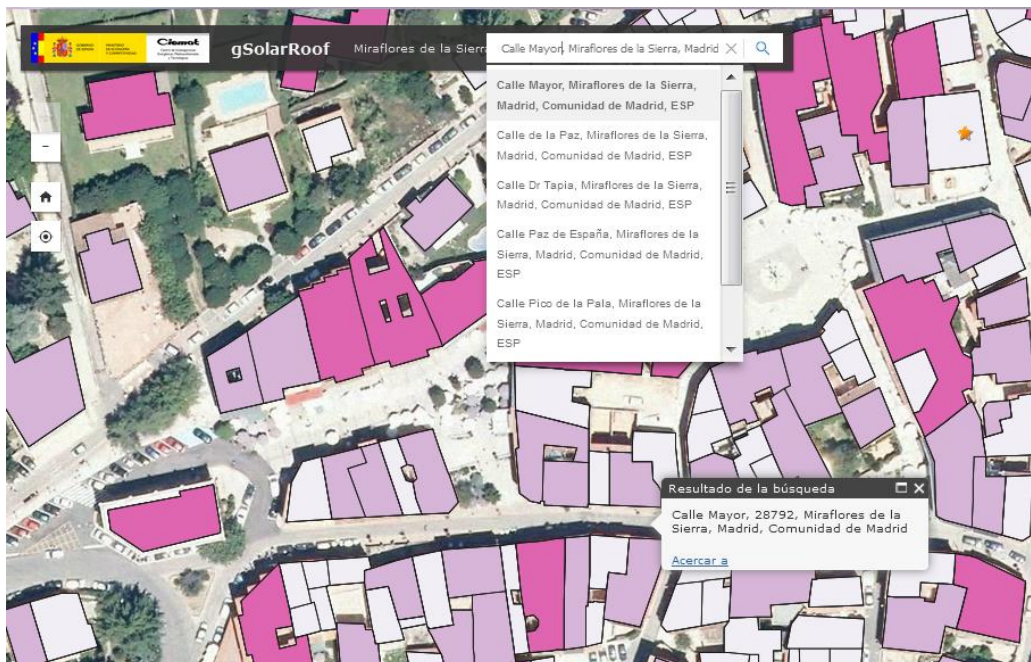


Figura 21. Herramienta 'Buscador de direcciones'.

- **Zoom:** Botones para aproximar o alejar la vista en la que nos encontramos, también se puede usar la rueda central del ratón.



Figura 22. Herramienta 'Zoom'.

- **Inicio:** Establece la vista en la posición de inicio.

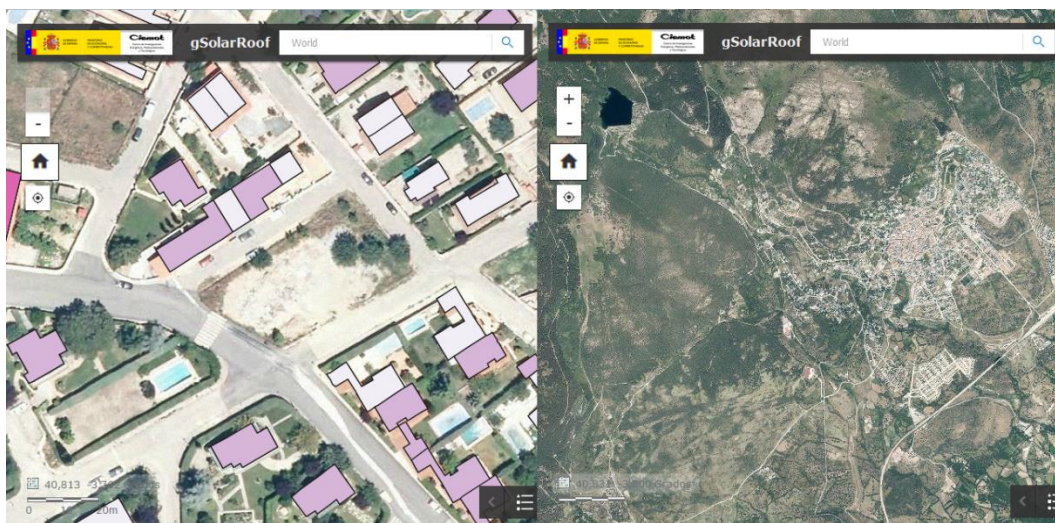


Figura 23. Herramienta 'Inicio'.

- **Ubicación:** Si el dispositivo desde el que se consulta el visor tiene GPS, permite geoposicionar al usuario y mostrar la información referente a los edificios adyacentes.

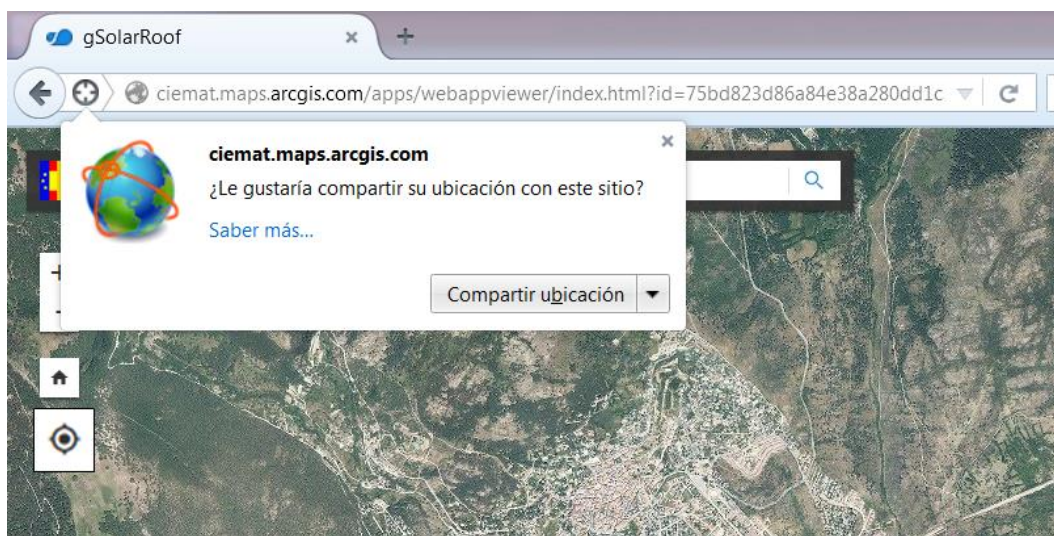


Figura 24. Herramienta 'Ubicación'.

- **Vista general:** Botón desplegable que muestra la posición y extensión de la ventana visible en cada momento.

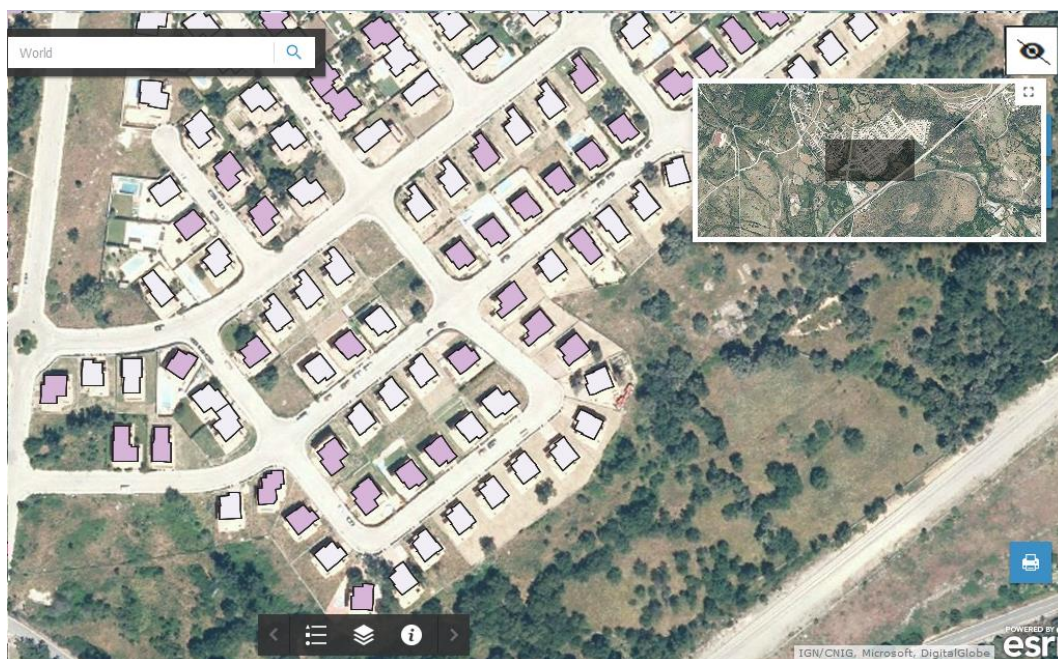


Figura 25. Herramienta 'Vista general'.

- **Galería de mapas base:** Permite al usuario elegir el mapa base que más le convenga en cada momento, desde mapas físicos o imágenes de satélites a mapas de carreteras.

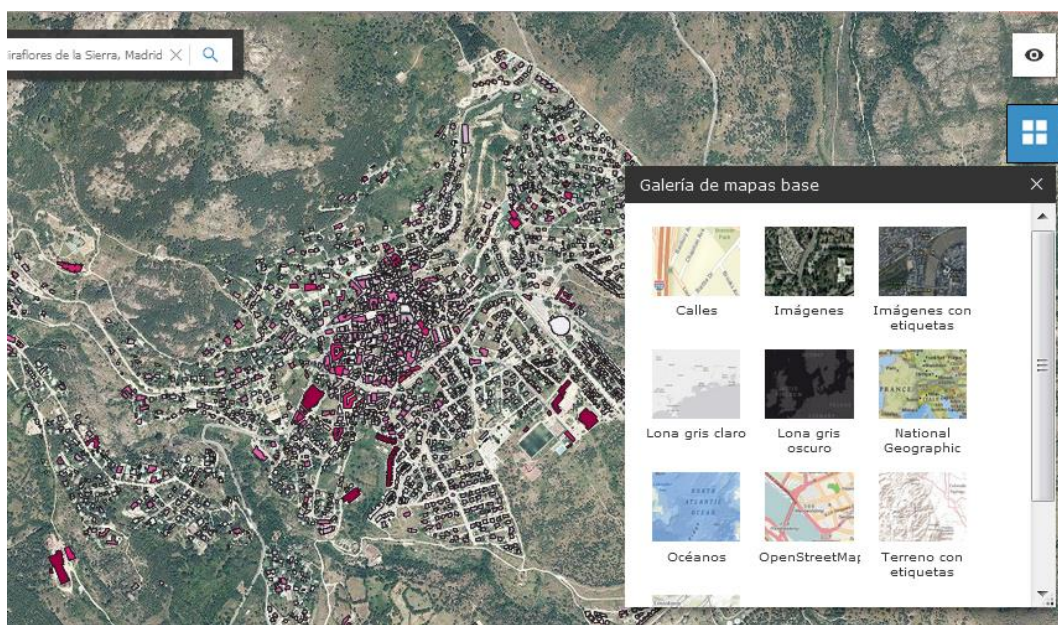


Figura 26. Herramienta 'Galería de mapas base'.

- **Swipe:** Se trata de una barra deslizante que permite comparar dos capas simultáneamente. Para el uso correcto de esta herramienta conviene saber:

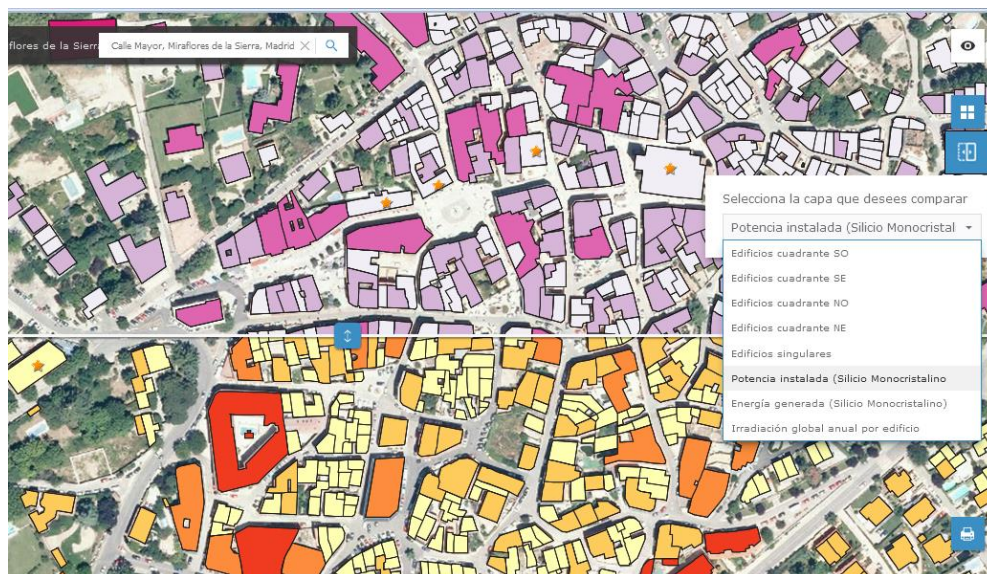


Figura 27. Herramienta 'Swipe'.

- Siempre compara la capa superior visible con la que esté inmediatamente por debajo (por defecto Potencia Instalada y Energía generada).
 - Las capas que se pueden comparar son: Potencia Instalada, Energía Generada e Irradiación Solar.
 - Para que se muestren las capas correctamente, en la ventana desplegable que se genera al ejecutar la aplicación se ha de seleccionar la capa superior visible en ese momento (por defecto Potencia Instalada).
- **Imprimir:** Permite imprimir la vista en la que se encuentre el usuario en formato PDF.

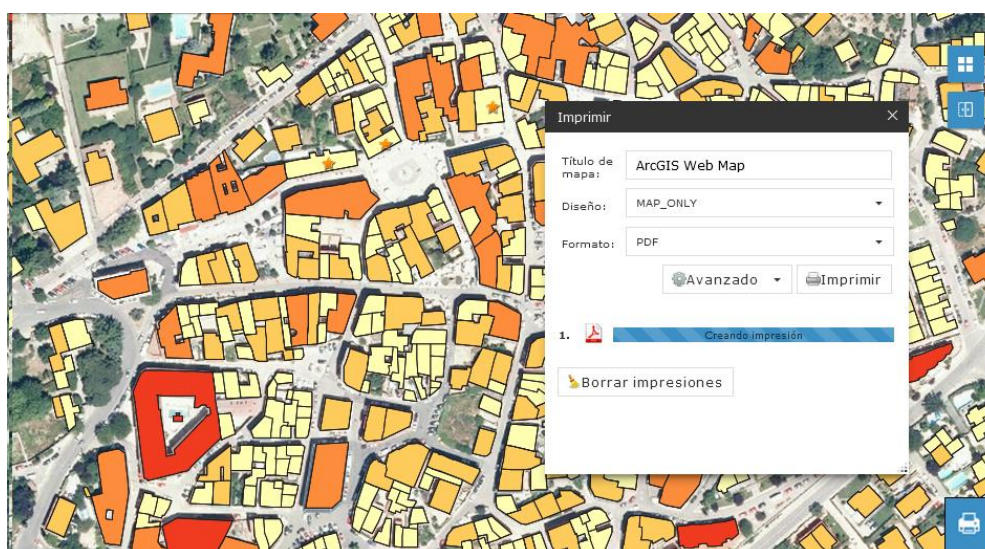
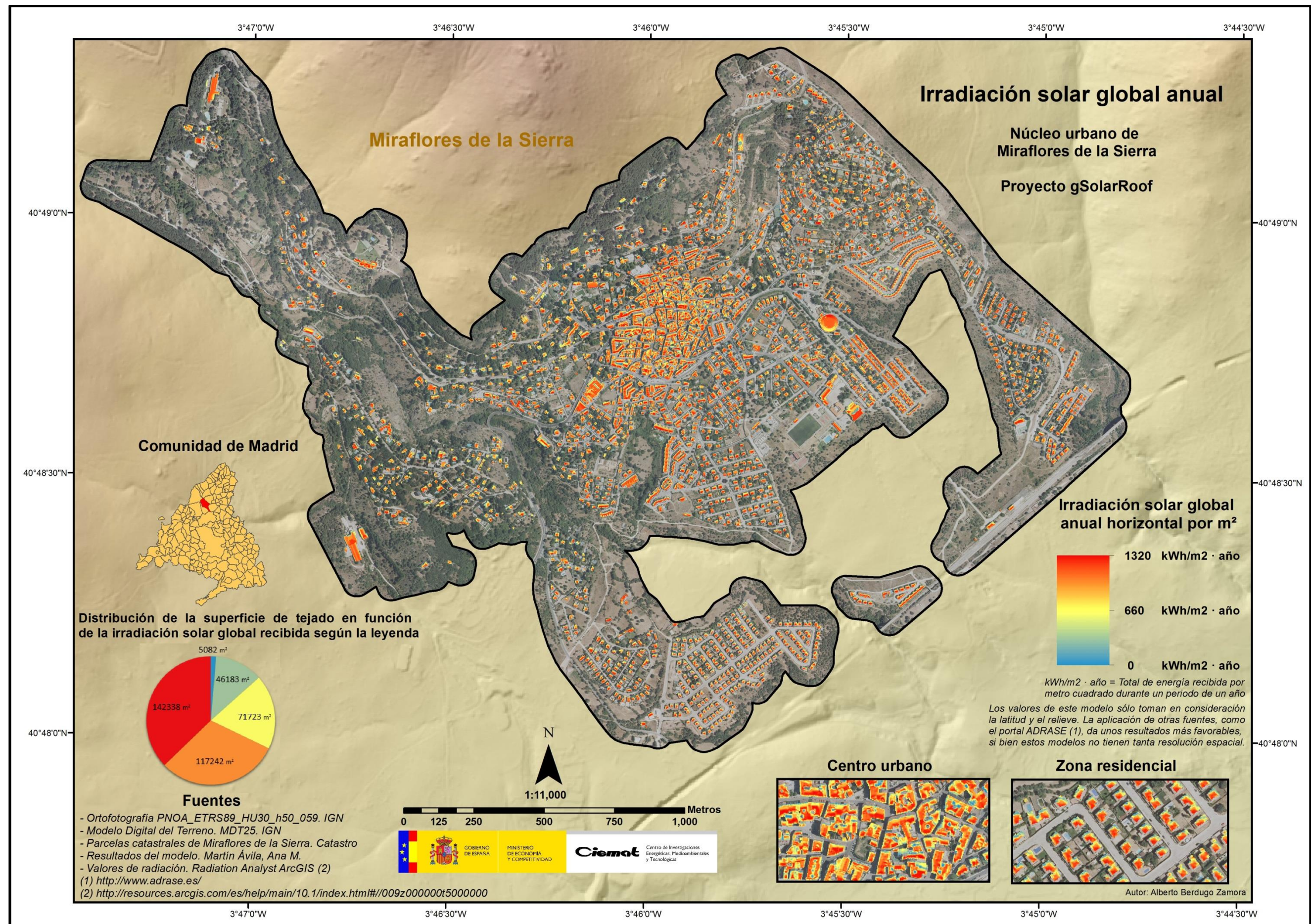


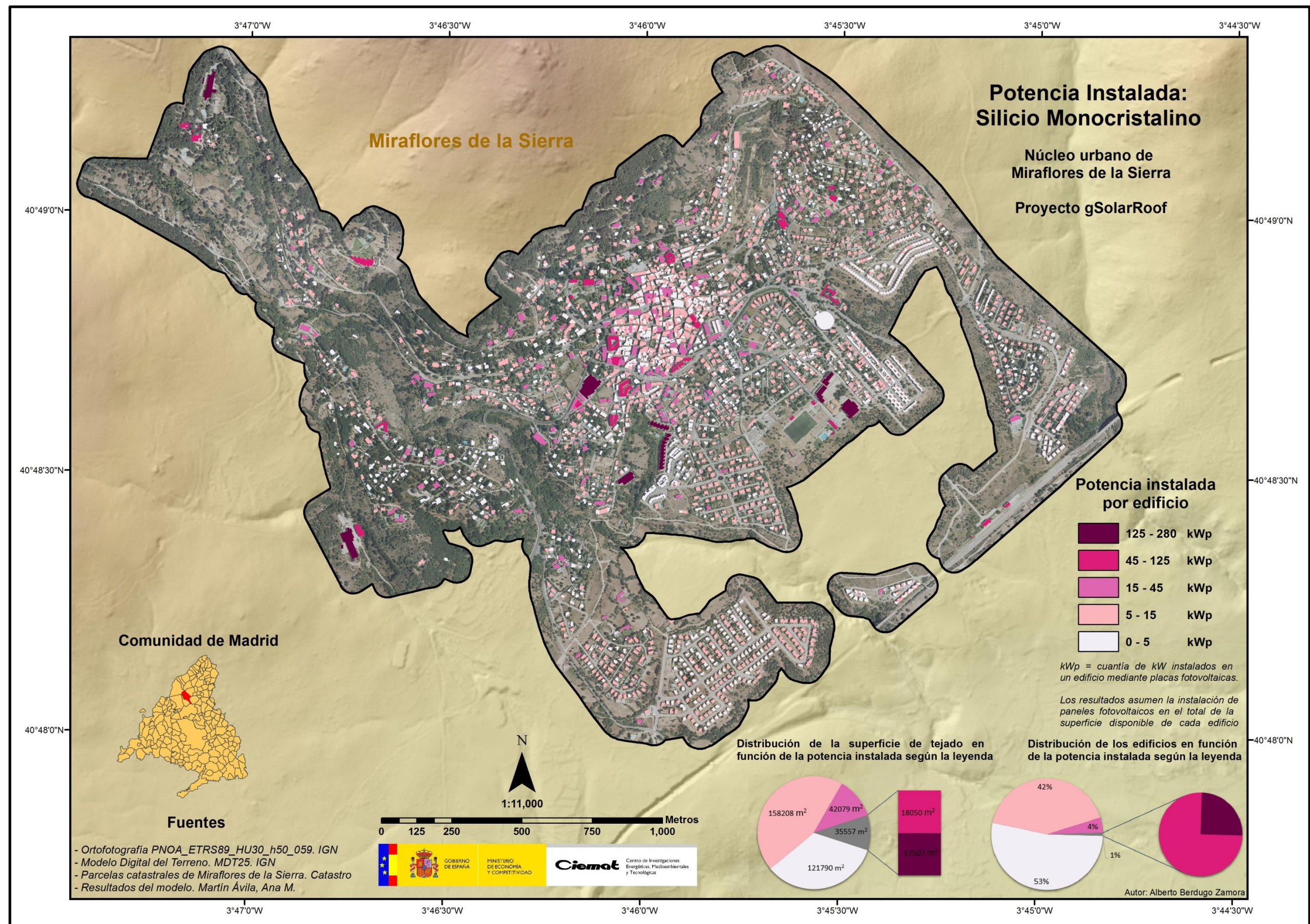
Figura 28. Herramienta 'Imprimir'.

ANEXO II. MAPAS TEMÁTICOS

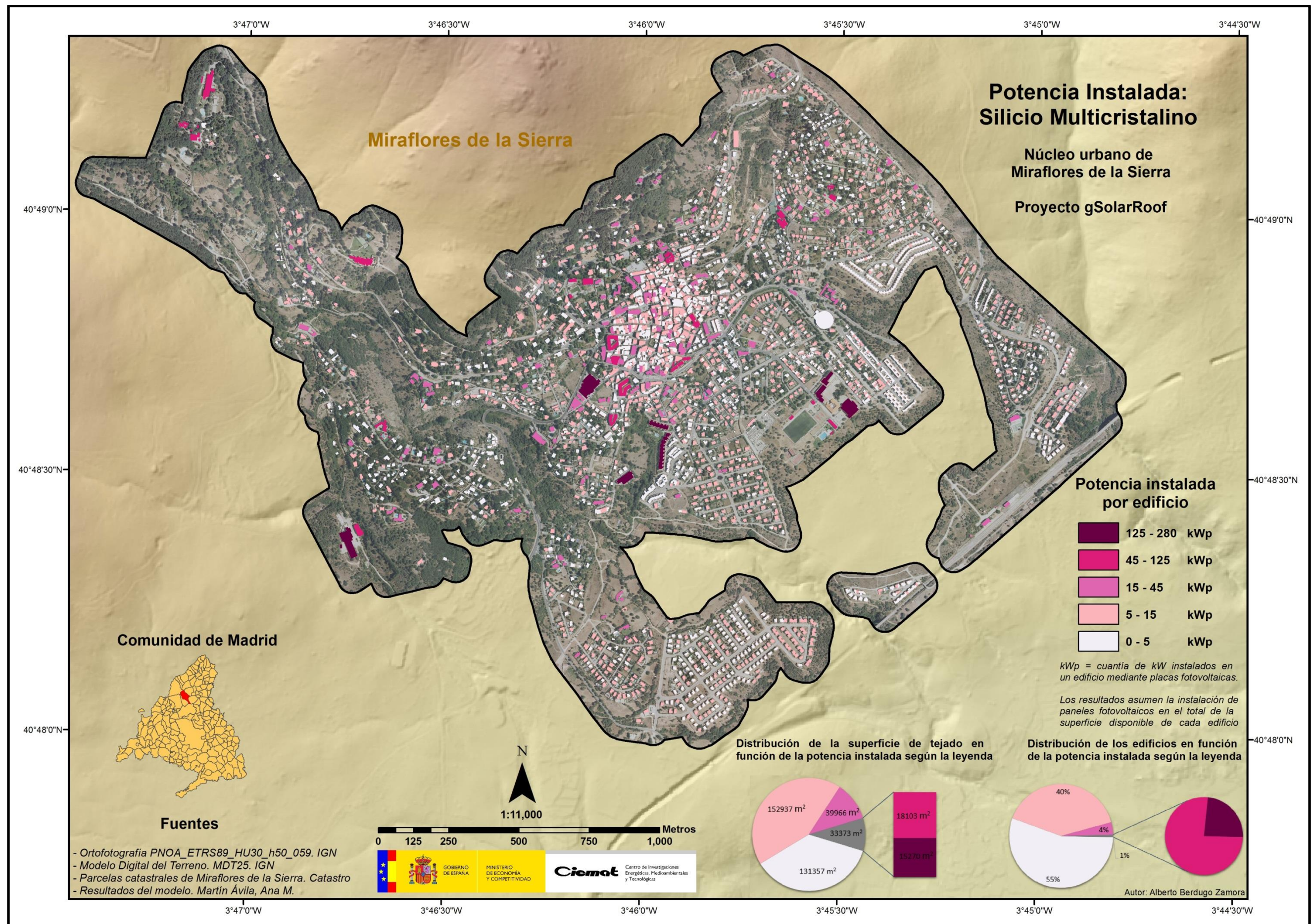
1. Irradiación solar global anual.
2. Potencia instalada: Silicio Monocristalino.
3. Potencia instalada: Silicio Multicristalino.
4. Potencia instalada: CIS.
5. Potencia instalada: CdTe.
6. Potencia instalada: Silicio Amorfo.
7. Energía generada: Silicio Monocristalino.
8. Energía generada: Silicio Multicristalino.
9. Energía generada: CIS.
10. Energía generada: CdTe.
11. Energía generada: Silicio Amorfo.



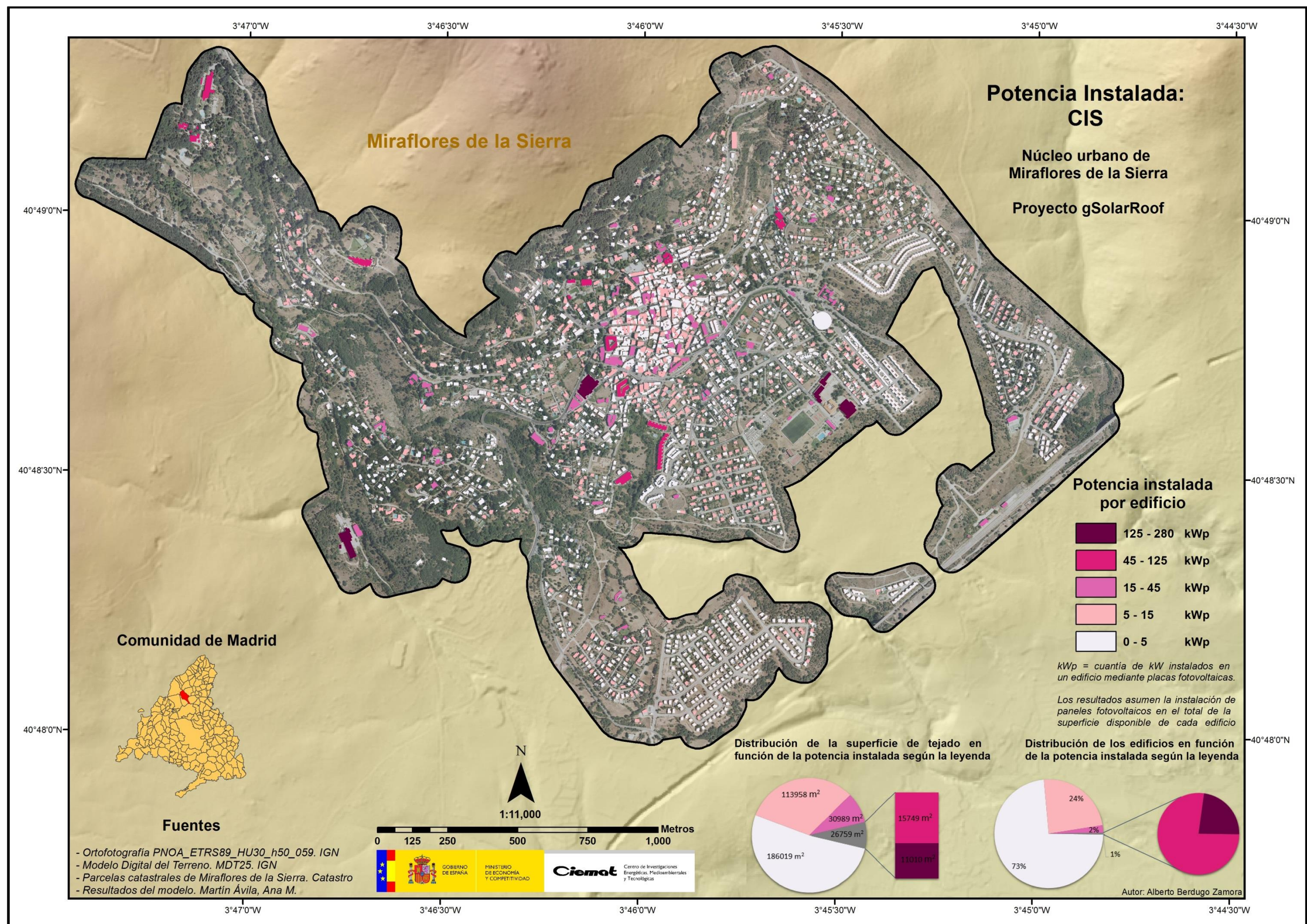
ANEXO II: Mapa 1. Irradiación solar global anual.



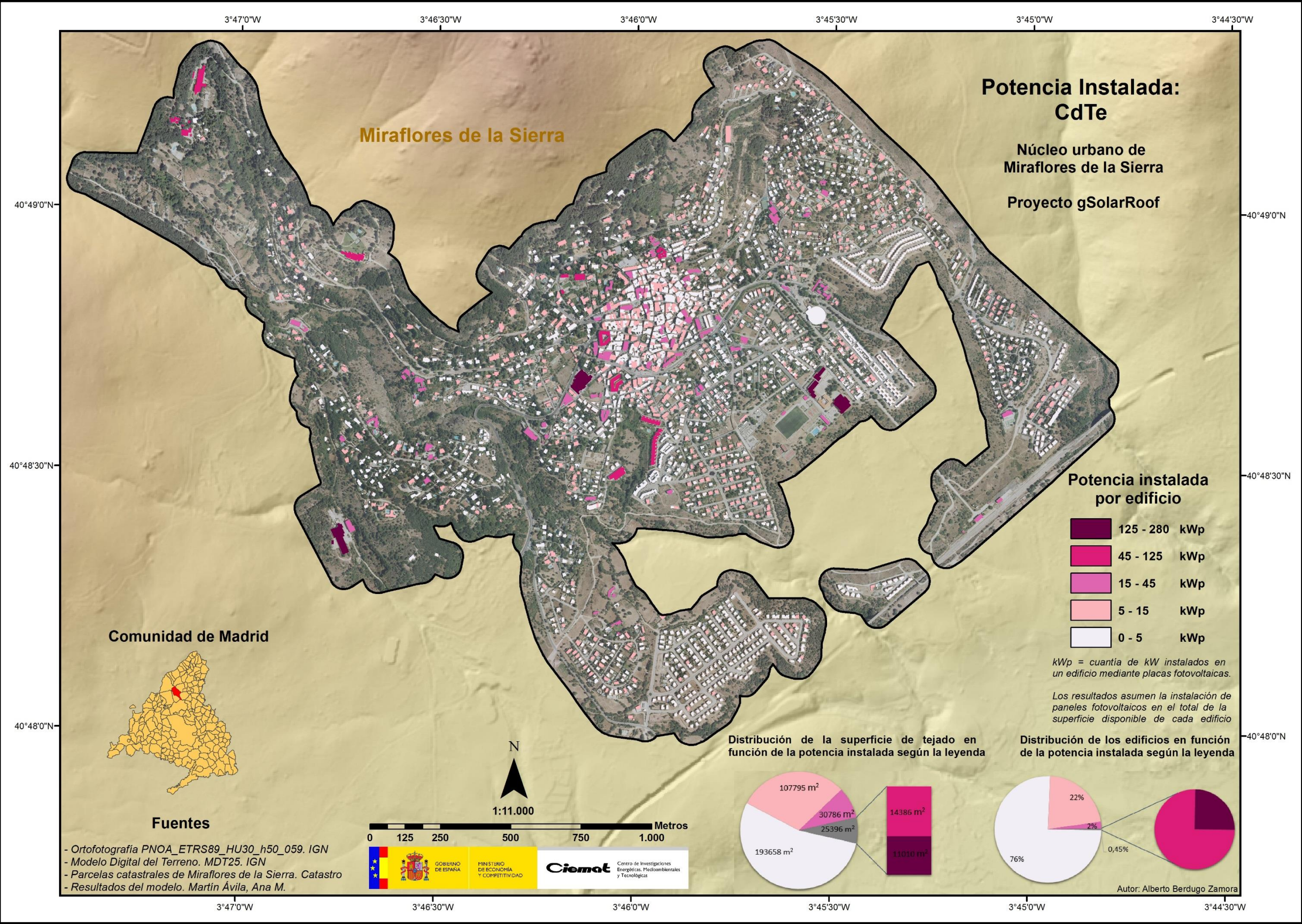
ANEXO II: Mapa 2. Potencia instalada: silicio monocristalino.



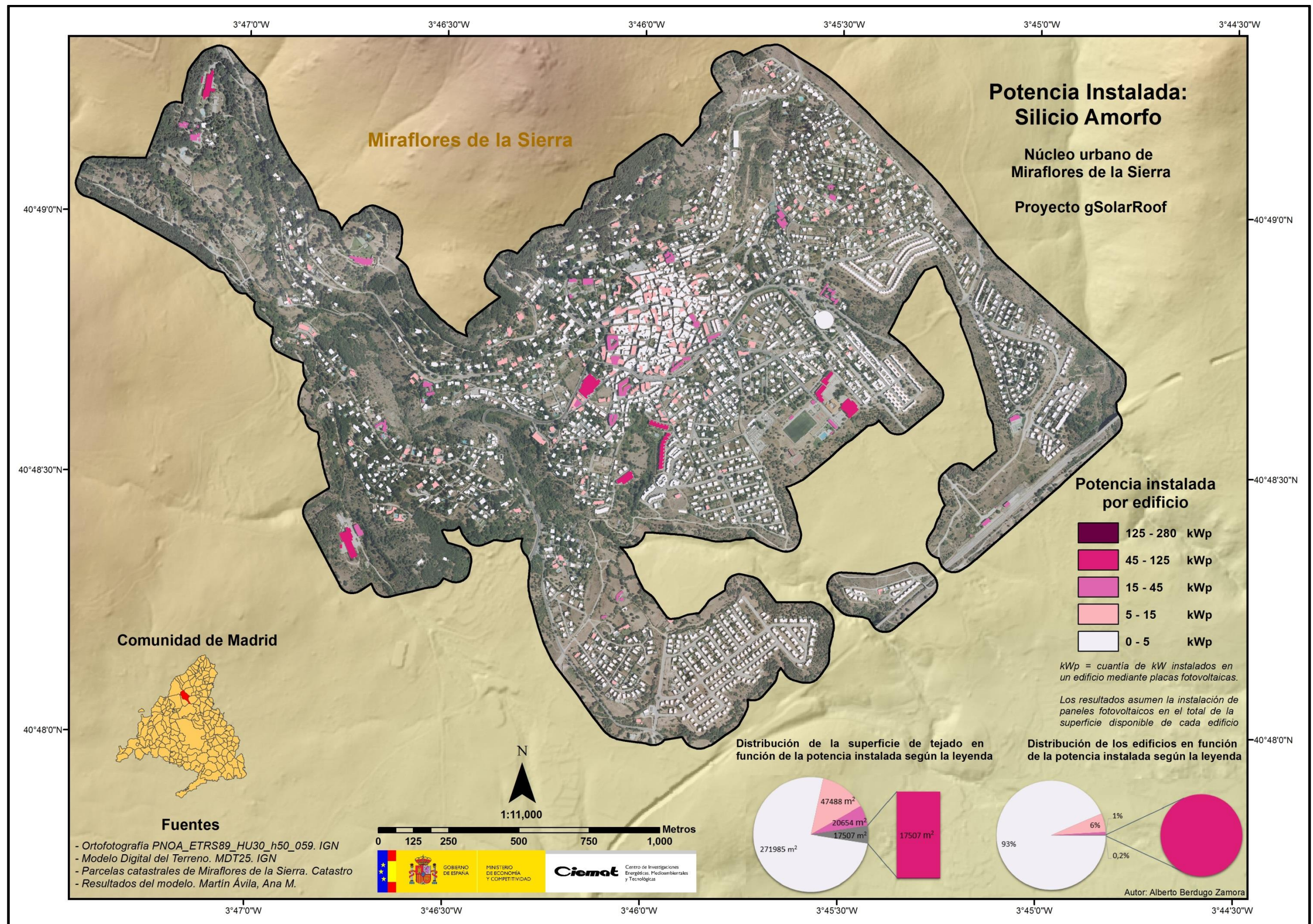
ANEXO II: Mapa 3. Potencia instalada: silicio multicristalino.



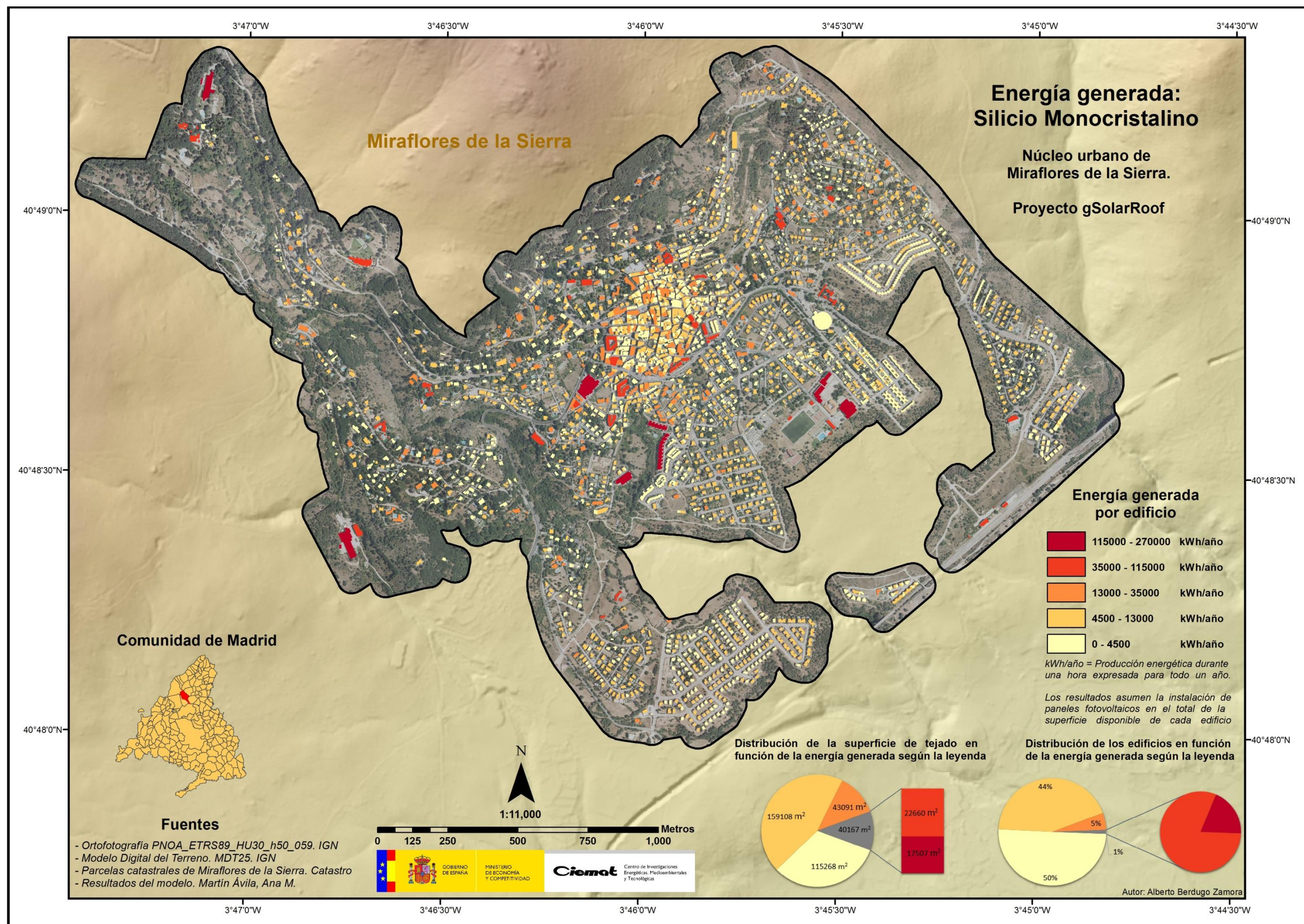
ANEXO II: Mapa 4. Potencia instalada: CIS.



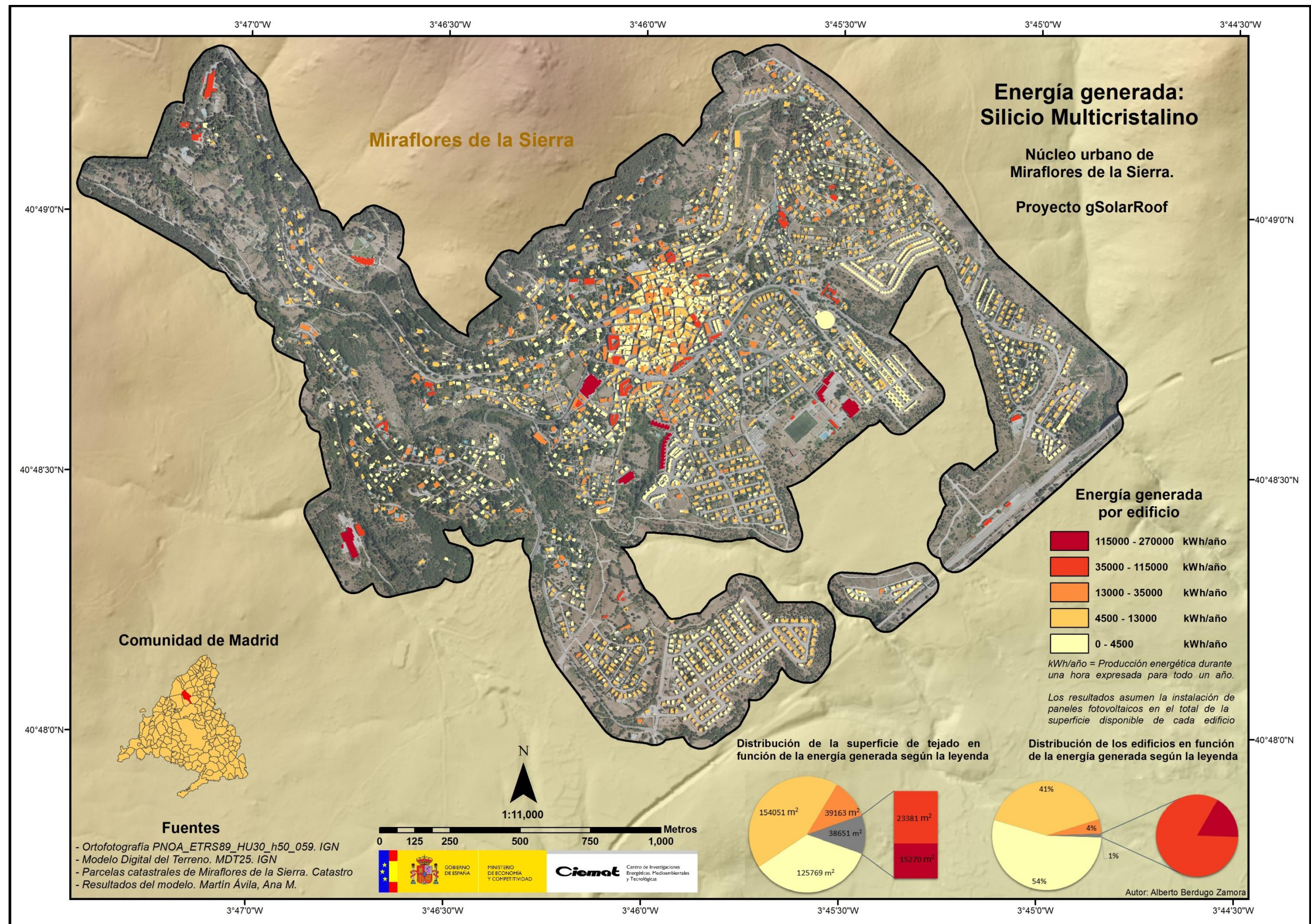
ANEXO II: Mapa 5. Potencia instalada: CdTe.



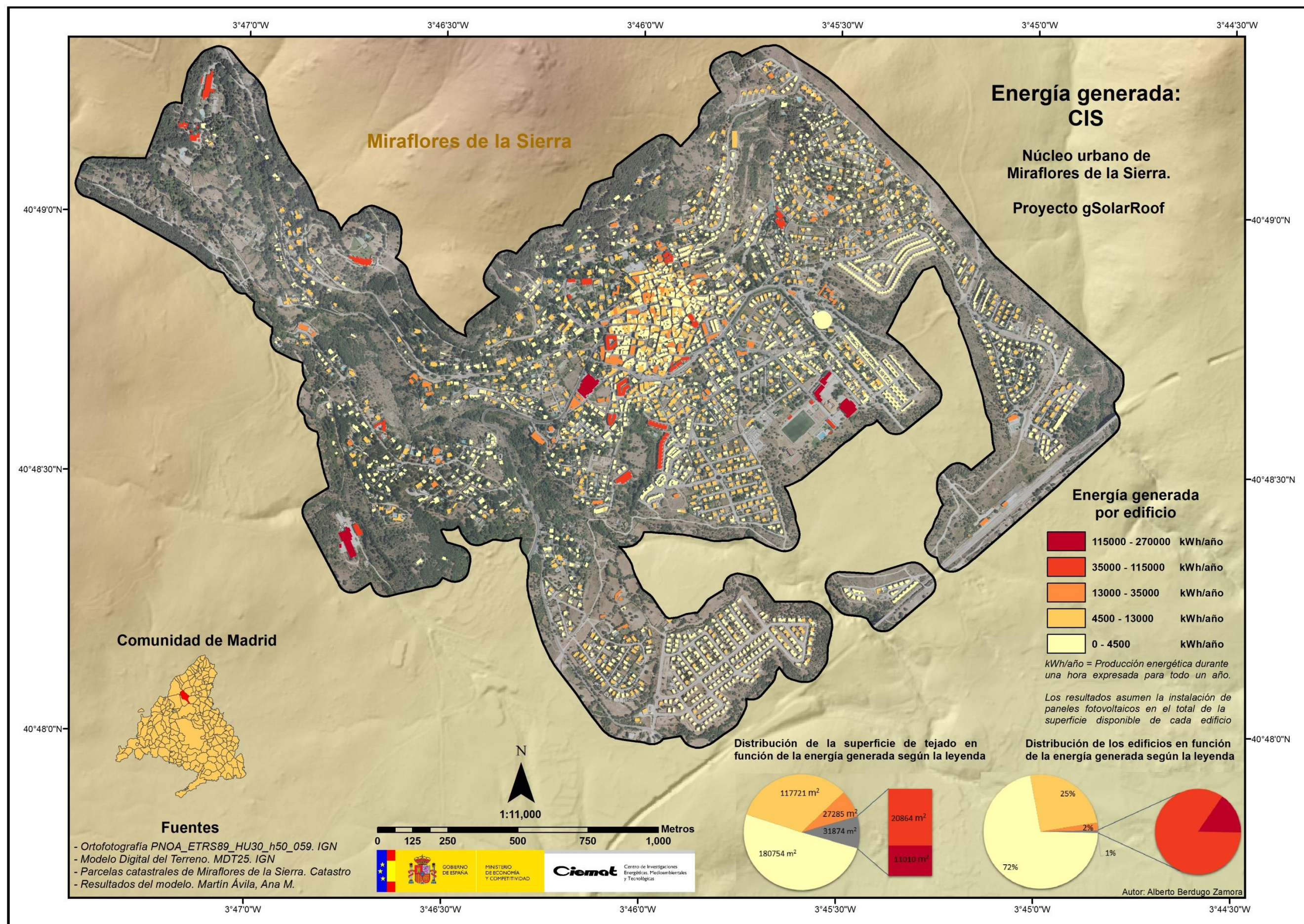
ANEXO II: Mapa 6. Potencia instalada: silicio amorfo.



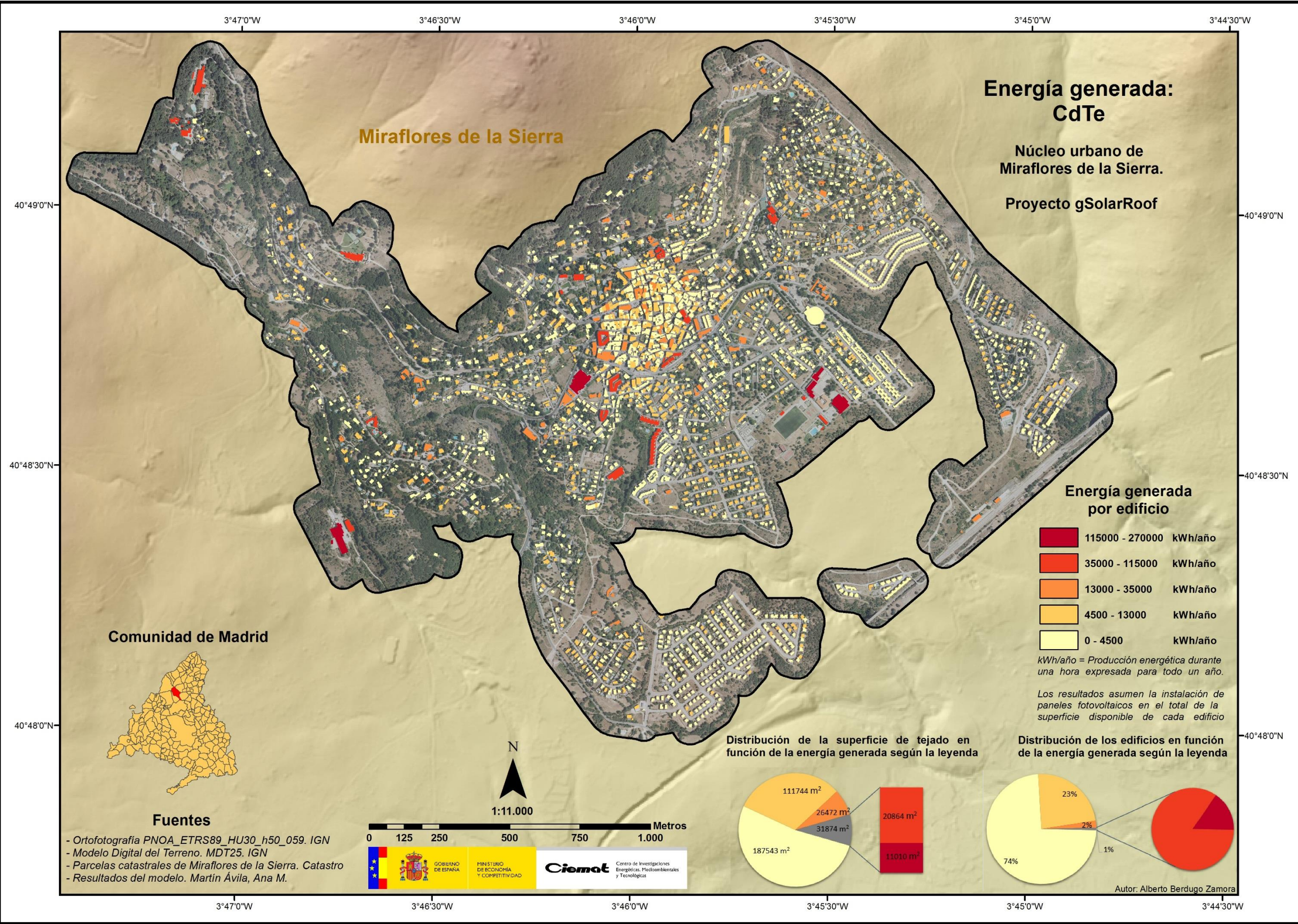
ANEXO II: Mapa 7. Energía generada: silicio monocristalino.



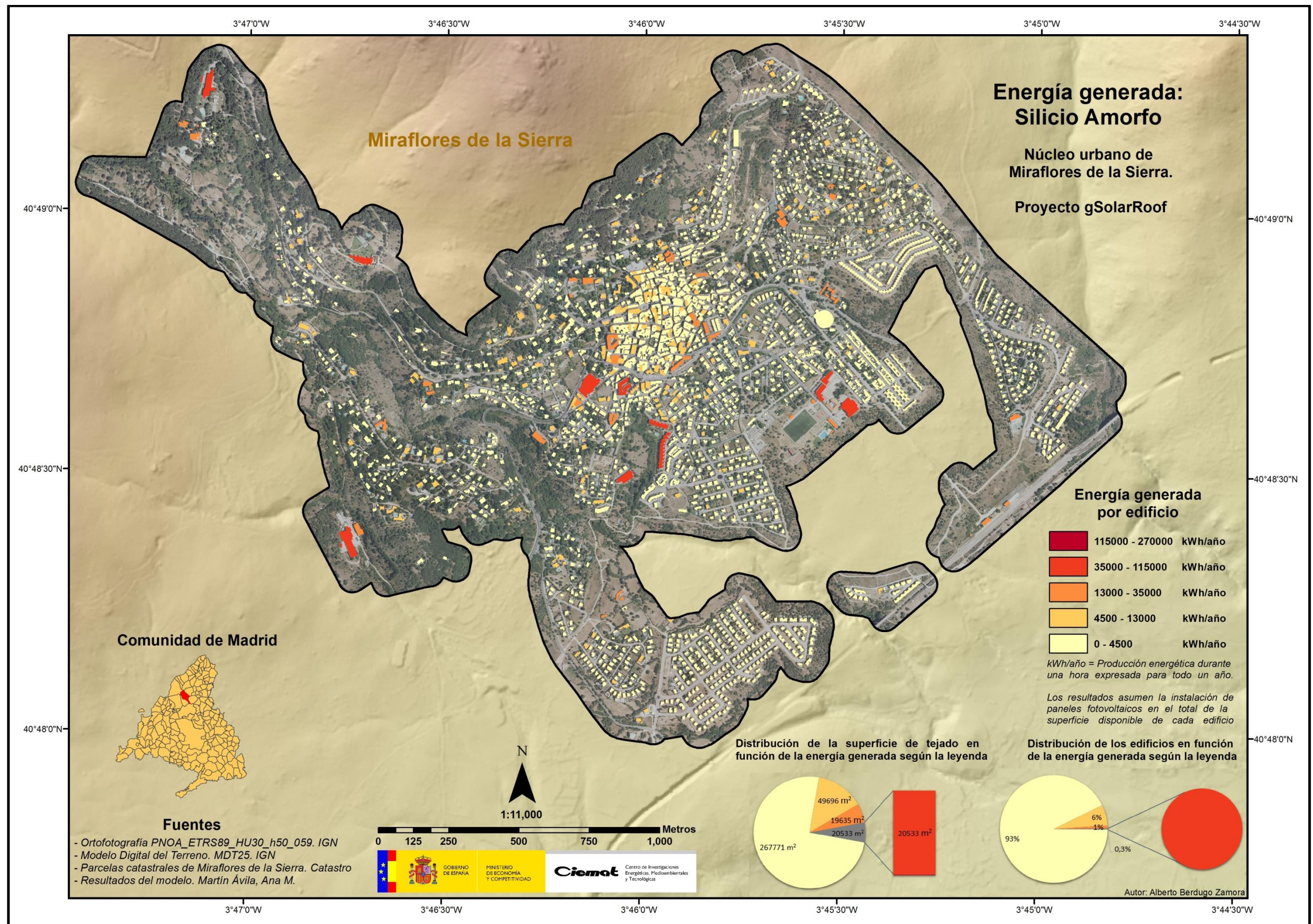
ANEXO II: Mapa 8. Energía generada: silicio multicristalino.



ANEXO II: Mapa 9. Energía generada: CIS.



ANEXO II: Mapa 10. Energía generada: CdTe.



ANEXO II: Mapa 11. Energía generada: silicio amorfo.

