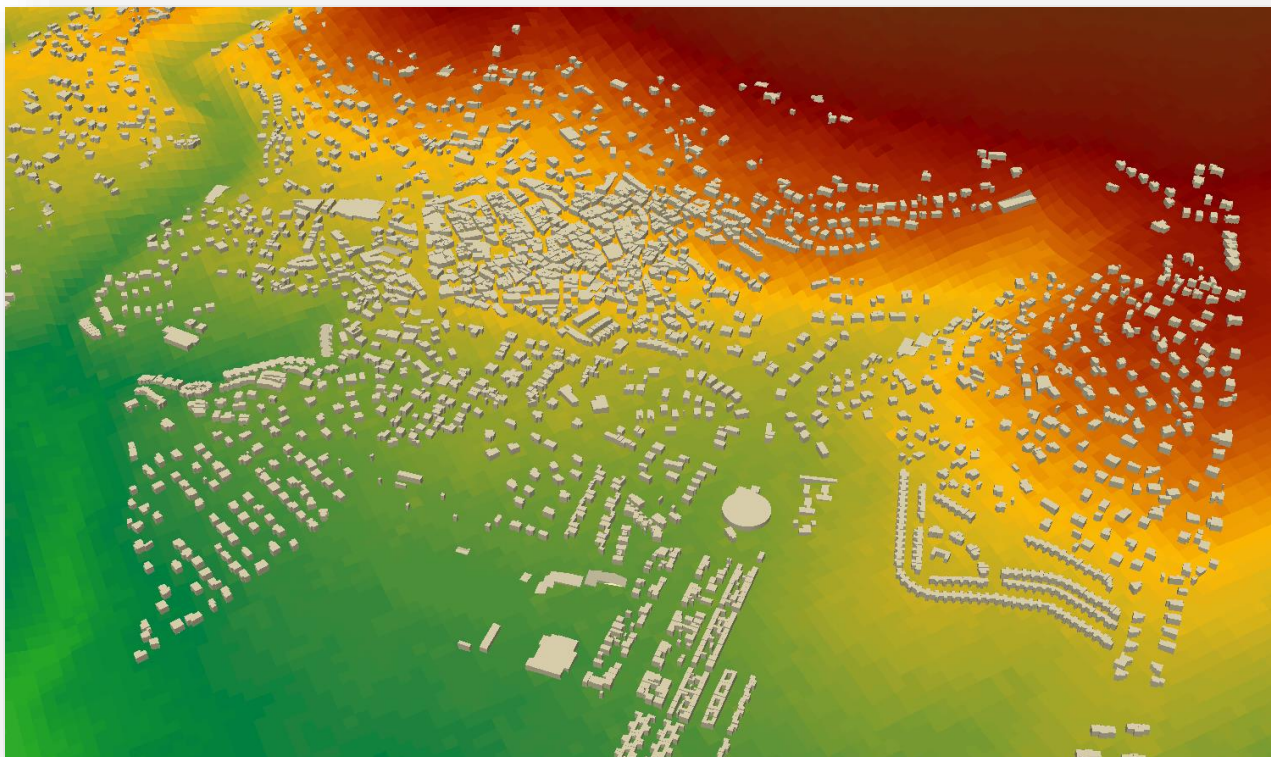




UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID

ESTUDIO DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN MIRAFLORES DE LA SIERRA MEDIANTE TIG. ANÁLISIS Y PUBLICACIÓN DE RESULTADOS.

MÁSTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA



Autor: Alberto Berdugo Zamora

Tutores: Javier Domínguez Bravo
María Eugenia Pérez González

Septiembre 2015

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al CIEMAT, con especial atención a Javier Domínguez, Alba Page, Ana M^o Martín, Adrianzen Camacho y Vicente Roque por su ayuda en todo lo que he necesitado. Agradecer también a la Universidad Complutense de Madrid y en especial a María Eugenia Pérez González por su asesoramiento y al centro CETA – CIEMAT de Trujillo por la ayuda y el esfuerzo que han realizado para intentar que el modelo funcione.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	9
3. BIG DATA	9
3.1. Importancia del Big Data	9
3.2. Big Data aplicado a nuestro caso de estudio	10
4. MODELO	11
4.1. Presentación del modelo a todo el municipio	11
4.2. Uso necesario de máquinas remotas de alta capacidad	11
4.3. Descripción de la máquina	12
4.4. Limitaciones de uso y problemas	13
5. RESULTADOS DEL MODELO	15
5.1. Resultados obtenidos para el municipio	15
5.2. Análisis de resultados	16
5.2.1. Edificios	16
5.2.2. Superficie	17
5.2.3. Irradiación solar	18
5.2.4. Potencia instalada	21
5.2.5. Energía generada	22
5.2.6. Caso concreto	23
5.3. Comparación y distribución de los resultados para el municipio	26
5.3.1. Irradiación solar global anual	26
5.3.2. Energía generada	30
5.3.3. Potencia instalada	33
5.3.4. Comparación de las tecnologías	34
5.3.4.1. Energía generada	34
5.3.4.2. Potencia instalada	36
5.4. Conclusiones	38
6. RESULTADO CARTOGRÁFICO	41
6.1. Importancia de la cartografía para nuestro caso de estudio	41
6.2. Ejemplos de cartografía y visores en otros casos	42
6.3. Importancia de los visores para el libre acceso de la información	46
7. MAPAS TEMÁTICOS	47
7.1. Elección de cartografía temática	47
7.2. Elaboración de la cartografía temática	48
7.2.1. Diagramación	48
7.2.2. Creación de mapas	54
7.2.3. Elementos del mapa	55
8. VISORES	57
8.1. Plataformas de publicación de visores	57
8.2. Ventajas y limitaciones de los visores	57
8.3. Creación del visor	57
8.3.1. Tratamiento de datos	57
8.3.2. Creación de un <i>Web Map</i> con <i>ArcGIS Online</i>	61
8.3.2.1. Mapa base	61

8.3.2.2.	Edificios singulares	62
8.3.2.3.	Energía anual generada con Silicio Monocristalino	62
8.3.2.4.	Irradiación global anual por edificio	63
8.3.2.5.	Información sobre los edificios	64
8.3.3.	Desarrollo del visor con <i>AppBuilder</i>	65
8.4.	Resultados visor	67
9.	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	69
10.	REFERENCIAS.....	70
11.	ANEXO I. MAPAS TEMÁTICOS.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	16
Figura 2.	17
Figura 3.	18
Figura 4.	19
Figura 5.	20
Figura 6.	20
Figura 7.	21
Figura 8.	22
Figura 9.	23
Figura 10.	23
Figura 11.	24
Figura 12.	24
Figura 13.	25
Figura 14.	26
Figura 15.	27
Figura 16.	28
Figura 17.	29
Figura 18.	30
Figura 19.	31
Figura 20.	32
Figura 21.	33
Figura 22.	34
Figura 23.	35
Figura 24.	37
Figura 25.	39
Figura 26.	41
Figura 27.	47
Figura 28.	49
Figura 29.	52

Figura 30.	52
Figura 31.	53
Figura 32.	54
Figura 33.	58
Figura 34.	58
Figura 35.	59
Figura 36.	60
Figura 37.	60
Figura 38.	60
Figura 39.	61
Figura 40.	62
Figura 41.	63
Figura 42.	64
Figura 43.	66
Figura 44.	66
Figura 45.	66
Figura 46.	66
Figura 47.	66
Figura 48.	67

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo en el que nos encontramos, con una demanda energética cada vez mayor debido al crecimiento demográfico y económico, y un constante deterioro del medio ambiente, se hacen necesarias alternativas energéticas rentables económica y medioambientalmente.

Un cambio en el modelo energético, apostando por el uso de energías renovables, puede permitir un desarrollo económico y un aprovechamiento de los recursos energéticos sin perjuicio para el medio ambiente, limitando los efectos del cambio climático.

España, gracias a su clima y situación geográfica, es uno de los países europeos que goza de una mayor irradiación solar. Este recurso energético puede ser aprovechado por los ciudadanos, generando un beneficio económico a medio y largo plazo y una reducción del impacto medioambiental derivado del aprovechamiento de los recursos energéticos. Según publica el *Joint Research Centre* de la Comisión Europea en su mapa de potencial solar fotovoltaico en los países europeos (1), Madrid recibe anualmente una irradiación solar en torno a 1900 kWh/m², significativamente superior a los 1200 kWh/m² que recibe París o los 1100 kWh/m² de Berlín.

Según la directiva 2012/27/UE del 25 de octubre de 2012 se insta a los países miembros a incrementar la eficiencia energética hasta alcanzar un 20% del consumo energético para 2020. La urgencia de tal medida viene promovida por la dependencia energética, escasez de recursos, el cambio climático y la crisis económica.

Tomando como referencia la necesidad de un nuevo modelo energético, especialmente en entornos urbanos, se hace indispensable la aplicación del concepto *Smart City*, considerado como un modelo de desarrollo basado en la utilización de los recursos humanos y tecnológicos para mejorar el desarrollo de entornos urbanos (2).

Dentro del complejo marco de necesidad de nuevos modelos energéticos y su posible implementación en futuros planes estratégicos urbanos se desarrolla el proyecto *gSolarRoof*.

El proyecto *gSolarRoof*: Caracterización e implementación de un modelo geográfico para la mejora e integración de paneles fotovoltaicos en áreas urbanas consta, entre otras publicaciones, de un modelo de estimación del potencial fotovoltaico para el municipio de Miraflores de la Sierra creado en Febrero de 2014 (3). Dicho modelo establece el potencial fotovoltaico del municipio a partir de información relativa a la posición del Sol y un Modelo Digital de Superficies.

El modelo sufrió una revisión, siendo presentado en Septiembre del mismo año una versión mejorada que permitía el análisis tanto de edificios con el tejado inclinado y los paneles solares instalados paralelos al mismo como con el tejado plano y los paneles montados con inclinación y orientación optimizada (4).

La publicación de información relativa al potencial fotovoltaico en entornos urbanos tiene un gran impacto sobre la población, dado que posibilita tanto a ayuntamientos como a ciudadanos tomar decisiones sobre la ubicación de futuras instalaciones fotovoltaicas. Se trata de herramientas que facilitan la toma de decisiones para un mejor planeamiento y desarrollo de los entornos urbanos.

Internet ofrece una gran oportunidad para poner los resultados en manos de los usuarios de forma masiva y rápida. En el caso de datos geográficos, la creación de geoportales permite almacenar y representar en la nube gran cantidad de información geográfica, de forma que sea accesible para los ciudadanos o instituciones que los requieran. En España existe tanto a nivel estatal como regional una red de Infraestructuras de Datos Espaciales que dan acceso libre y gratuito a los ciudadanos de la información geográfica disponible, permitiendo un acercamiento de la sociedad a grandes cantidades de información espacial y mejorando la capacidad de toma de decisiones a diversas escalas.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es, dentro del marco del proyecto *gSolarRoof*, ejecutar el modelo basado en SIG de potencial fotovoltaico en entornos urbanos para la extensión completa del casco urbano de Miraflores de la Sierra. Los modelos generados dentro del proyecto, tanto el inicial como la mejora posterior, han tomado como zonas piloto pequeñas áreas del casco urbano y, por lo tanto, se hace necesaria la ejecución de dicho modelo a toda la extensión del municipio, comprobando su correcto funcionamiento para mayores superficies, corrigiendo posibles errores y comprobando si es operativo para futuros usos en otros municipios.

Un análisis de los resultados obtenidos por el modelo es fundamental para la comprensión de los mismos, permitiendo estudiar las causas y consecuencias de cada uno de los parámetros utilizados.

A partir de los datos resultantes del modelo se pretende generar una serie de cartografía asociada, incluida como anexo, como uno de los métodos de publicación de los resultados.

El segundo método de publicación de resultados será a través de un portal web, que contiene un visor a través del cual es posible visualizar e interactuar con los resultados para todo el municipio.

Los objetivos específicos del trabajo son los siguientes:

1. Ejecutar el modelo para todo el municipio.
2. Analizar resultados intermedios y finales.
3. Comparar resultados.
4. Analizar causas y consecuencias.
5. Publicar cartografía asociada.
6. Crear un visor web para publicar los datos.

3. BIG DATA

3.1. Importancia del *Big Data*

Podemos entender el concepto de *Big Data* a través de las siguientes definiciones:

“Conjunto de datos demasiado grandes para su tratamiento con herramientas tradicionales de gestión de base de datos”. The Big Data opportunity. Policy Exchange, 2012.

“Conjuntos de datos cuyo tamaño va más allá de la capacidad de captura, almacenado, gestión y análisis de las herramientas de base de datos”. Big Data: The next frontier for innovation, competition and opportunity”. McKinsey Global Institute, 2011.

“Big Data son activos de información caracterizados por su alto volumen, velocidad y variedad, que demandan soluciones innovadoras y eficientes de procesamiento para la mejora del conocimiento y toma de decisiones en las organizaciones. The importance of “Big Data”: A definition. Gartner, Junio 2012.

(5) Definiciones obtenidas del artículo de Emilio García García.

Podemos entender el concepto Big Data como un conjunto de datos que, debido a su alto volumen de información, requiere de una infraestructura de procesado y análisis que excede a la convencional. Por lo tanto se hace necesario una serie de herramientas y conceptos novedosos para poder almacenar, manipular y analizar dicha información.

El *Big Data* entonces no está limitado sólo al volumen de datos existente, también acoge los procedimientos tanto técnicos como teóricos para dar salida o solución a esa información, sacar el valor a esos datos y obtener conclusiones y resultados que con los métodos clásicos sería imposible.

3.2. *Big Data* aplicado a nuestro caso de estudio

Aplicando el concepto de *Big Data* a nuestro estudio de Miraflores de la Sierra, si bien analizamos y generamos una gran cantidad de información, no necesariamente debemos estar hablando de *Big Data*.

Como se verá en apartados posteriores, no es tan importante el volumen de datos que entra en el modelo como la gran cantidad de información que genera. A partir del Modelo Digital de Superficies obtenido de datos LIDAR para el municipio, las parcelas catastrales y una tabla que representa la posición del Sol para cada hora del año, se produce gran cantidad de información relativa a las sombras, irradiación, energía generada y potencia instalada, con un volumen de salida ampliamente superior al de entrada.

Aun así, la extensión relativamente reducida del municipio de Miraflores de la Sierra en comparación con grandes ciudades limita la magnitud de nuestros datos.

Por lo tanto no podemos entender nuestro estudio como parte del concepto *Big Data* en lo relativo a volumen de datos, herramientas o técnicas.

Sin embargo, el concepto de nuestro estudio si es posible relacionarlo con el de *Big Data*. El estudio de potencial fotovoltaico en entornos urbanos es susceptible de ser implementado a grandes zonas urbanizadas, como ya se ha hecho en otros países o en el caso de Barcelona (23). A un mayor volumen de información, se necesitará una tecnología capaz de tratar dichos datos, acercándose al concepto original de *Big Data*.

De forma posterior, la aplicación de la información obtenida por nuestro estudio a un análisis general de un conjunto de ciudades o regiones, donde la magnitud de la información utilizada sea mucho mayor, hará necesario la aplicación tanto del concepto *Big Data*, como de las capacidades técnicas y teóricas asociadas al mismo.

Si bien nuestro proyecto no entra dentro de lo que conocemos como *Big Data*, es susceptible de ser utilizado para posteriores estudios que sí estén considerados parte del mismo.

4. MODELO

4.1. Presentación del modelo a todo el municipio

El modelo con el que se va a evaluar el potencial fotovoltaico en el municipio de Miraflores de la Sierra fue desarrollado por Alvis Verso y presentado en un informe técnico en Septiembre de 2014. Se trata de una mejora del modelo creado por Ana Martín para su tesis de Máster. El modelo implementa una serie de mejoras, con respecto a su predecesor, enfocadas en el análisis de potencial fotovoltaico, el estudio de tejados sin inclinación y el estudio de pérdidas por inclinación, orientación, sombras y temperatura (4).

Como se puede observar en el diagrama, el modelo usa tres tipos de información: La información relativa a la superficie a través de datos LIDAR, la información Solar para cada hora del día y las limitaciones espaciales tanto del área de estudio como de las parcelas catastrales.

Miraflores de la Sierra, ubicado en la comarca de la Cuenca Alta del Manzanares, al norte de la Comunidad de Madrid (40º 48' 50" N – 3º 45' 55" O). Se encuentra a una altitud de 1147 metros y se dispone sobre la ladera del monte La Najarra, de 2119 metros de altitud, siendo este el punto más alto del término municipal.

El clima de Miraflores de la Sierra es el característico de las regiones del interior de la Península Ibérica, conocido como Mediterráneo Continental. Se caracteriza por una gran amplitud térmica, con inviernos fríos y veranos cálidos, causado por la falta de influencia marina. La temperatura media anual es de 10.5ºC y la precipitaciones anuales oscilan los 516 mm. Dicha precipitación se concentra en los meses invernales.

El municipio contiene 5934 habitantes, los cuales se concentran en el núcleo urbano, con solo una pequeña presencia de edificaciones de carácter agrícola fuera del mismo. La morfología de los edificios es variada, y depende de si se tratan de las construcciones de mayor antigüedad del núcleo urbano o de las urbanizaciones que lo rodean. Según el *Urban Atlas* de la *European Environment Agency*, La mitad del municipio tiene un porcentaje de suelo construido inferior a 30%, por lo tanto estamos ante un municipio de baja densidad.

Nuestra área de estudio es el municipio de Miraflores de la Sierra, con una extensión de 4.219.295 m².

Este municipio contiene 9450 edificios con una superficie total de 382.683 m², para los cuales se realizará un modelo digital de elevaciones con una resolución aproximada de 1m². Utilizando este modelo de superficie se podrá determinar la morfología, orientación e inclinación de cada uno de los tejados.

4.2. Uso necesario de máquinas remotas de alta capacidad

A la hora de ejecutar el modelo hay que tener en cuenta la cantidad de información que genera el mismo así como los numerosos procesos que realiza. Para tener una idea del volumen de datos generados en un apartado del modelo, podemos analizar el proceso de creación de mapas de sombras. Para generar un mapa de sombras se tiene en cuenta el modelo digital de superficie así como la posición del Sol para las horas a las que este tiene una altitud superior a 0º. Teniendo

en cuenta que genera una capa *ráster* para cada hora de Sol efectiva, tenemos como resultado entre 4000 y 4500 mapas de sombras.

Otros apartados incluidos en el modelo, como la producción de mapas de irradiación, genera un volumen de datos similar.

Los ejemplos anteriores pueden darnos una idea de la suma de procesos que realiza el modelo. Se hace necesario el uso de máquinas de mayor capacidad de procesado tanto por la mayor potencia de las mismas, como por la posibilidad un mayor tiempo de trabajo ininterrumpido.

Por lo tanto, para realizar los cálculos se ha usado una máquina remota de alta capacidad perteneciente al centro CETA-CIEMAT ubicado en Trujillo (Extremadura).

Ejemplos del volumen de datos del modelo
LIDAR: 141 Mb y 5.303.621 puntos
4397 <i>Ráster</i> de sombras
4397 <i>Ráster</i> de radiación
9450 Parcelas catastrales

4.3. Descripción de la máquina

La máquina de alto rendimiento para ejecutar el modelo se trata del *Cluster* de *GPUs* del CETA-Ciemat.

GPU es la terminología anglosajona utilizada para referirse a las tarjetas gráficas, como bien sabemos las tarjetas gráficas permiten un mayor procesamiento de datos en los ordenadores, obteniendo resultados de forma más rápida y efectiva. El CETA-Ciemat, pionero en la investigación de procesamiento gráfico, posee un *Cluster* de *GPU* abierto a usuarios de multitud de centros de investigación (3).

Un *Cluster* de *GPU* se compone de una serie de *GPU's* de alto rendimiento que operan y procesan de forma conjunta, alcanzando altas velocidades de trabajo y permitiendo manejar un gran volumen de datos, con los cuales sería imposible trabajar en ordenadores normales.

Datos técnicos del *Cluster* de *GPUs*:

- 100.000 cores GPU aproximadamente, desglosados en:
 - Nodo de login R423E2
 - 22 nodos R422E2 con TESLA S1070 (2 C1060 por nodo)
 - 16 nodos R422E2 con TESLA S2050 (2 C2050 por nodo)
 - 16 nodos R424E2 con TESLA S2070 (2 M2075 por nodo)
 - 1 nodo R425E2 con TESLA K20 (1 K20 por nodo)
 - 8 nodos R421E3 con TESLA K80 (1 K80 por nodo)
- Tipos de procesadores:
 - R422E2/R423E2: 2 x Quad Core Intel® Xeon E5520 @ 2.27GHz
 - R424E2: 2 x Quad Core Intel® Xeon® E5649 @ 2.53GHz
 - R425E2: 2 x Quad Core Intel® Xeon® X5570 @ 2.93GHz
 - R421E3: 2 x 12-Core Intel® Xeon E5-2680v3 @ 2.5GHz

- Memoria:
 - R422E2/R423E2/R424E2: 24 GBytes DDR3
 - R425E2: 96 GBytes DDR3
 - R421E3: 64 GBytes DDR4

- GPUs:
 - Entorno Test: 2 x C1060 por nodo (S1070)
 - Entorno Producción:
 - 2 x C2050 por nodo (S2050)
 - 2 x M2075 por nodo (S2070)
 - 1 x K20 por nodo
 - 1 x K80 por nodo (S2070)

- Sistema Operativo:
 - CentOS 6.5

- Almacenamiento:
 - Interno: SATA 500 GB
 - Compartido: Lustre (20 Gbps)

- Conectividad:
 - Infiniband QDR (40 Gbps)
 - 4 Ethernet (1 Gbps)
 - Infiniband QDR/FDR (40/56 Gbps)

(6) Información obtenida de la web del CETA-Ciemat.

4.4. Limitaciones de uso y problemas

La mejora del modelo planteada por Alvis Verso (4) se ha ejecutado de forma paralela tanto en la máquina de alto rendimiento del CETA-CIEMAT como en un ordenador personal. Por lo tanto ha sido posible comparar el tiempo de ejecución de cada uno de los procesos y los resultados obtenidos.

Las limitaciones técnicas derivadas tanto del software como del hardware usado en algunos casos ocasionaron una serie de problemas durante la ejecución del modelo. Algunos pudieron ser solventados, pero la incapacidad de dar solución a varios de ellos acabó desembocando en el abandono temporal del modelo.

El principal causante del abandono del modelo fue la lentitud de cálculo y ejecución del mismo. Para ejemplificar lo anterior se comparó el tiempo de cálculo de un mapa de sombras entre la máquina de alto rendimiento y el ordenador personal. La máquina realizaba un mapa de sombras entre 2 y 4 segundos, mientras que el ordenador personal tardaba de 0,8 a 2,4

segundos. Aunque la diferencia de tiempo entre ambos casos pueda parecer pequeña, si tomamos los tiempos medios de ejecución de un mapa de sombras en ambos casos (3 y 1,6 segundos respectivamente) y los multiplicamos por los 4250 mapas de sombra que calcula el modelo de media obtenemos un tiempo total de 3 horas y 32 minutos para la máquina de alto rendimiento y 1 hora y 53 minutos para el ordenador personal.

Los tiempos resultantes no son representativos del total del modelo, siendo apenas una fracción muy pequeña. Por lo tanto, la ejecución completa del modelo en el ordenador personal era prácticamente inviable debido a la imposibilidad de tener durante días encendido y ejecutando procesos un ordenador personal.

Analizando conjuntamente con los operarios del CETA-CIEMAT los problemas de velocidad de procesado se consiguió aumentar considerablemente la velocidad de ejecución del modelo, llegando a superar al ordenador personal. Una correcta configuración del espacio de trabajo dentro de la máquina de alto rendimiento aumentó el número de hilos del procesador utilizados, permitiendo aprovechar mejor el potencial de la máquina.

A medida que avanzaba la ejecución del modelo, los tiempos de procesamiento de las distintas capas resultado aumentaban, llegando al extremo de necesitar 4 - 5 minutos para generar una capa de radiación para el municipio. Si tenemos en cuenta que, al igual que en los mapas de sombra, genera una media de 4250 capas de irradiación solar, nos da un tiempo de ejecución de 13 días y 6 horas.

A parte del problema de procesamiento, se encontraron varios problemas puntuales a los que se les dio solución. Ejemplo:

- *Error 010240: Could not save raster dataset to (Directorio de la geodatabase) with output format FGDBR.*

Según el Centro de Recursos de ArcGIS (7), una posible solución a dicho problema pasa por comprobar que no existan *rásters* con el mismo nombre y formato en la *geodatabase*.

Debido a que el conjunto de datos que genera el conflicto estaba compuesto por *rásters* temporales, se creó una nueva *geodatabase* la cual se estableció como "por defecto".

También se encontraron varios problemas debidos al cambio de directorios de ciertos scripts y tablas de información. Es algo lógico si tenemos en cuenta que el modelo con toda la información asociada fue enviado mediante FTP (protocolo de transferencia de archivos) al centro de cálculo.

Con los elevados tiempos de carga del modelo, cada vez que se cortaba su ejecución por algún error, era indispensable volver a iniciar el modelo desde el mismo punto en el que se cortó. Para reiniciar por el mismo lugar era necesario crear submodelos nuevos que solo ejecutaran los procesos posteriores al punto de corte.

El constante reinicio del modelo, con el manejo de datos asociado, unido a los tiempos de ejecución cada vez más elevados llevó al propio modelo a colapsar, siendo imposible completar su ejecución.

Debido a las operaciones necesarias para reiniciar el modelo desde puntos intermedios, con la creación de submodelos que ello conlleva, pudo ocasionar que ciertos datos se corrompieran, impidiendo su ejecución.

Los tiempos de ejecución tan elevados en cada uno de los procesos pudieron deberse a un mal aprovechamiento de los recursos disponibles por la máquina de alto rendimiento. Bien puede ser por las limitaciones del software, o bien por una estructuración inadecuada de los procesos.

Debido a la falta de operatividad del modelo de Alvis Verso (4), la única opción fue el abandono del mismo, obteniendo los resultados del modelo creado por Ana M. Martín Ávila (3).

5. RESULTADOS MODELO

5.1. Resultados obtenidos para el municipio

EDIFICIOS

- Nº Edificios total analizados: **2849**
- Nº Edificios con superficie útil: **2611**

SUPERFICIE

- Tejados disponibles: **111770.00 m²**
- Construida: **382683.96 m²**
- Total de la zona: **4219295.13 m²**
- Superficie de tejados disponible / Superficie construida: **29.21 %**
- Superficie de tejados disponible / Superficie total de la zona: **2.65 %**

IRRADIACIÓN

- Irradiación Global Anual: **357447.14 MWh/m²**

POTENCIA INSTALADA

- Si Monocristalino: **17883.20 kWp**
- Si Multicristalino: **16765.50 kWp**
- CIS: **12294.70 kWp**
- TeCd: **11735.85 kWp**
- Silicio amorfo: **6706.20 kWp**

ENERGÍA

- Si Monocristalino: **16677.03 MWh**
- Si Multicristalino: **15634.72 MWh**
- CIS: **11465.46 MWh**
- TeCd: **10944.30 MWh**
- Silicio amorfo: **6253.89 MWh**

5.2. Análisis de resultados

5.2.1. Edificios

Una vez realizado el estudio se han obtenido datos relativos a las 2849 parcelas catastrales pertenecientes a Miraflores de la Sierra. De los edificios analizados no fueron considerados aptos para albergar instalaciones fotovoltaicas 238 de ellos, bien por estar en sombra la mayor parte del año, bien porque las características del tejado no eran las adecuadas (orientación, inclinación y morfología). Tampoco se han considerado como aptos los edificios singulares como la Plaza de Toros, el Ayuntamiento, la Iglesia parroquial Asunción de Nuestra Señora, las Escuelas Antiguas, la Casa de la Cultura, el Antiguo Hotel Julia y la Gruta de Nuestra Señora de Begoña. El valor histórico y cultural de los emplazamientos citados hace que sea imposible la instalación de módulos fotovoltaicos en los mismos.

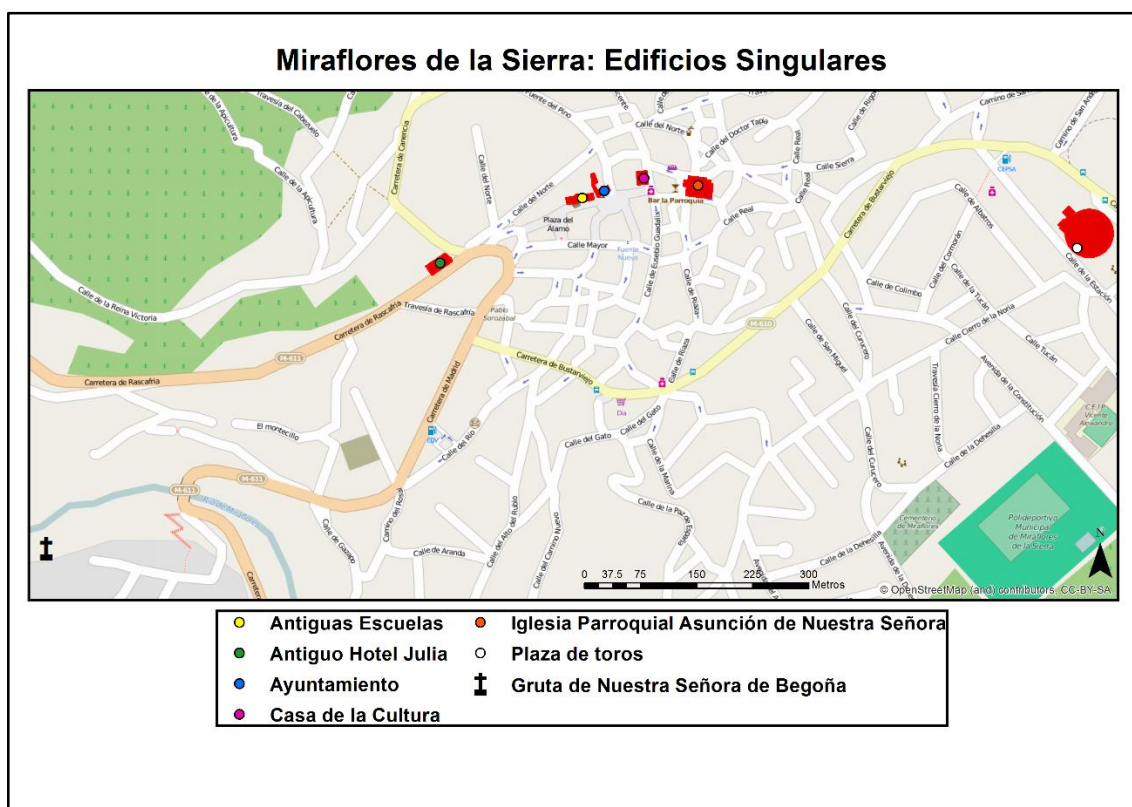


Figura 1. Mapa de edificios singulares.

5.2.2. 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.

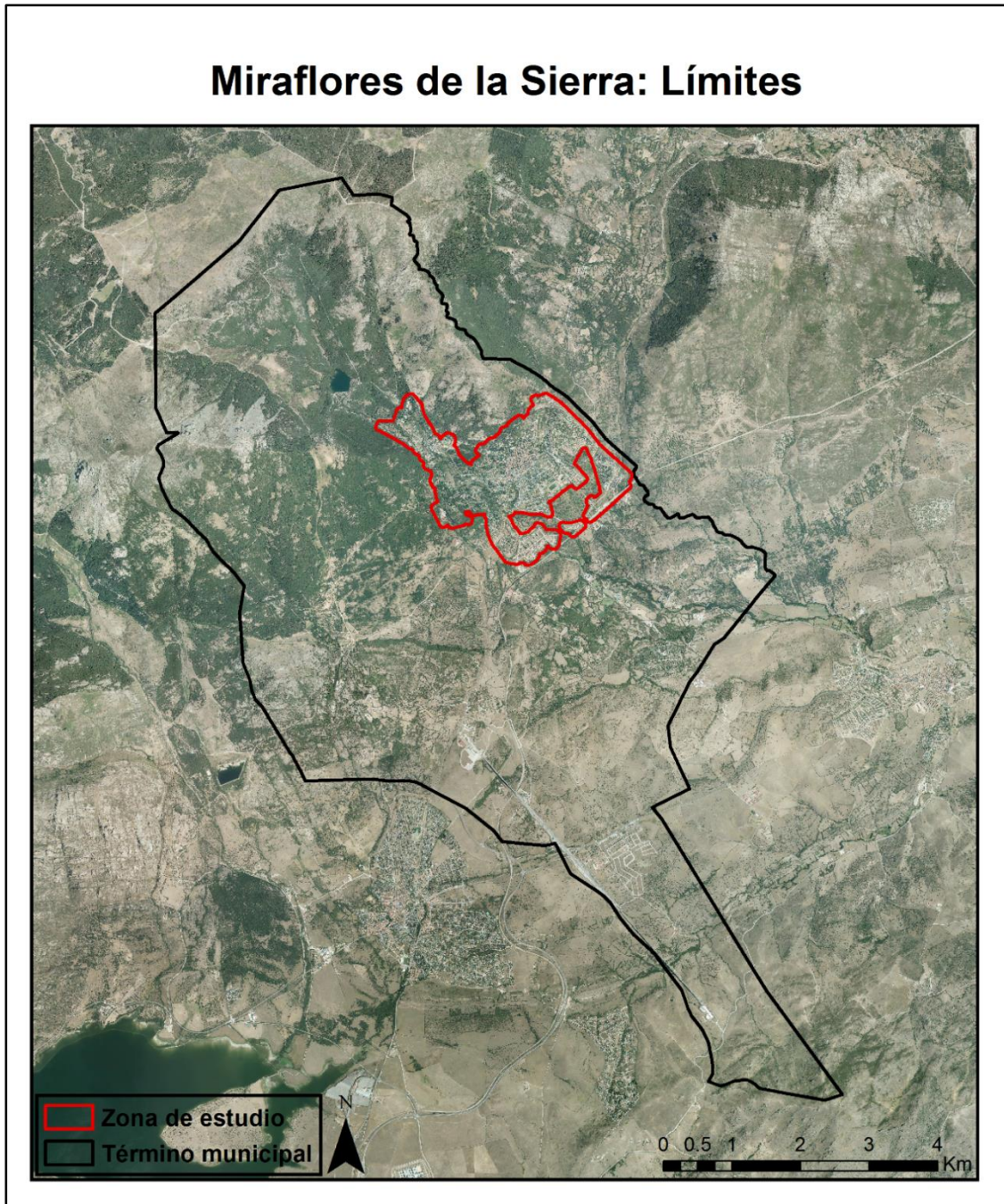


Figura 2. Mapa del límite municipal y área de estudio.

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.

5.2.3. Irradiación Solar

La irradiación solar global anual que recibe el municipio de Miraflores de la Sierra es de 357447,14 MWh/m². La irradiación recibida por cada edificio dependerá de la orientación de los tejados y de las características estructurales del edificio y sus adyacentes, así como la vegetación presente, que configuran el grado de sombra sobre cada uno.

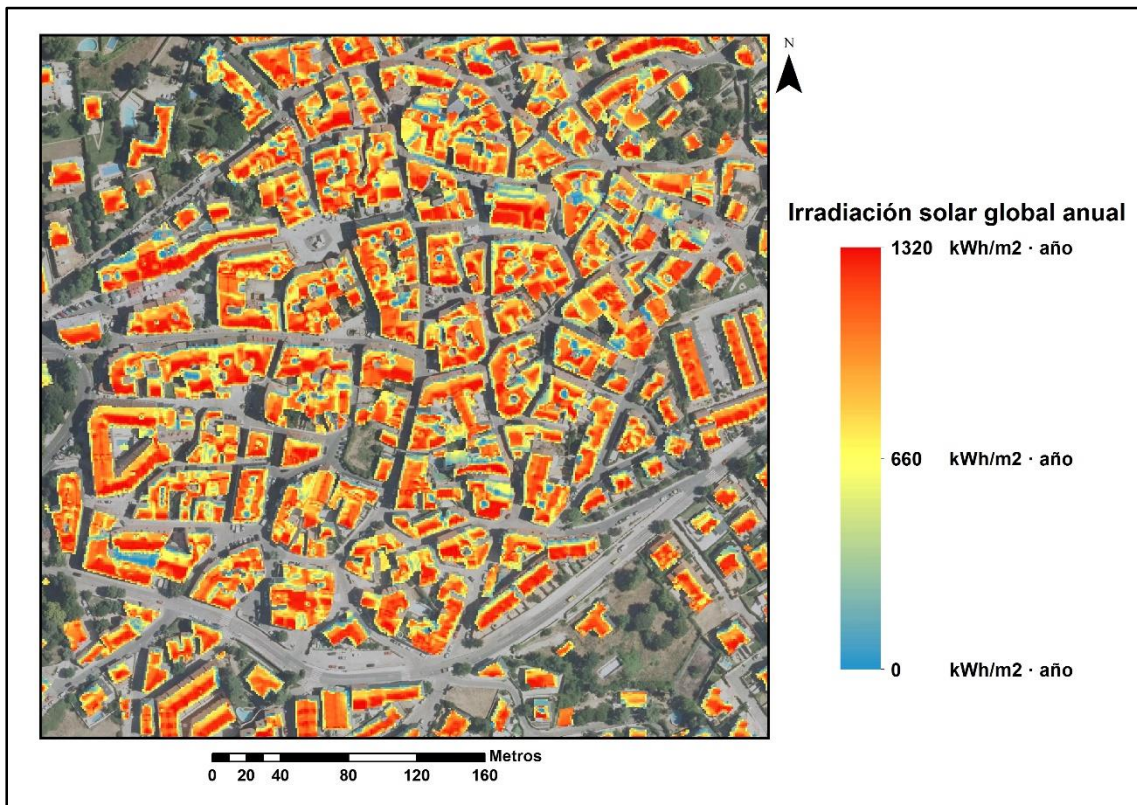


Figura 3. Irradiación solar en el núcleo urbano.

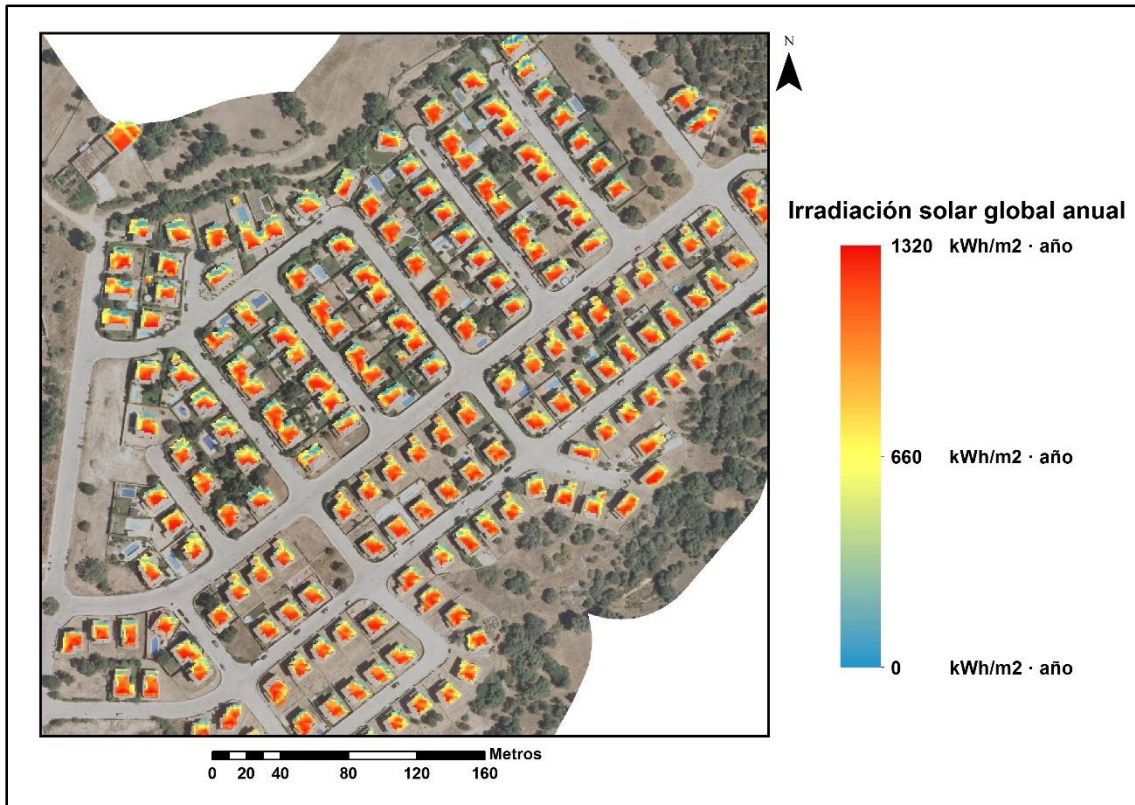


Figura 4. Irradiación solar en una urbanización.

En zonas de mayor densidad y heterogeneidad de edificios es más fácil que algunos, debido a su menor altitud, estén la mayor parte del año en sombra 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.

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 al norte de los tejados, hay edificios que presentan regiones en sombra más diversas. Podemos deducir que dichas regiones son resultado tanto de la morfología del edificio como de la influencia de las estructuras adyacentes.

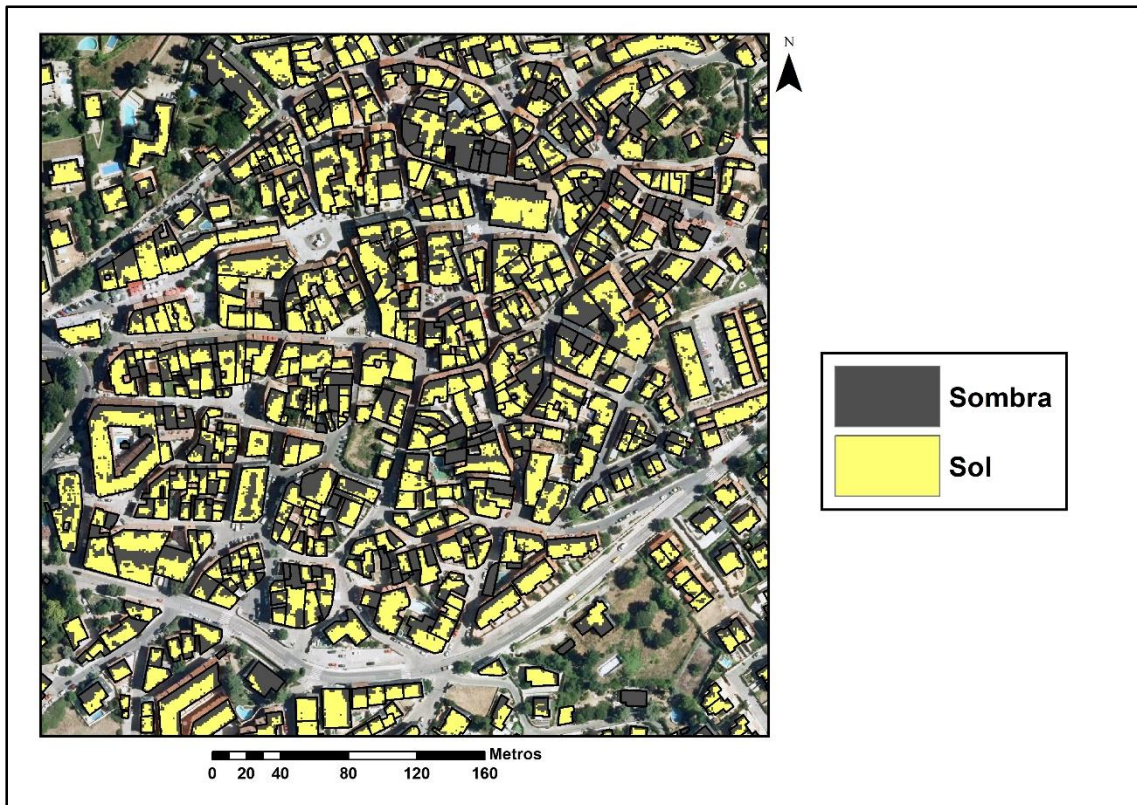


Figura 5. Sombras (gris) en el núcleo urbano.

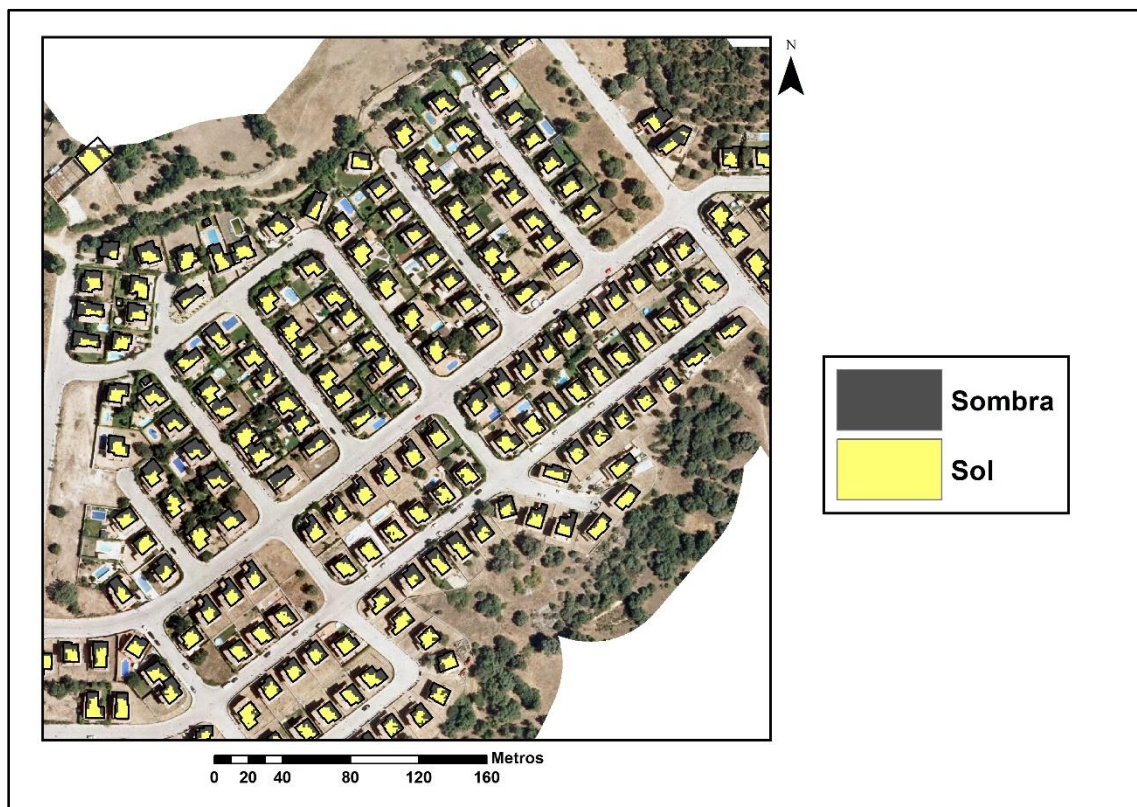


Figura 6. Sombras (gris) en una urbanización.

En las áreas residenciales las zonas en sombra sólo se disponen en las zonas septentrionales de los edificios, correspondientes a la cara norte del tejado. 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 zonas de sombras en los tejados de las zonas residenciales.

5.2.4. Potencia instalada

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

Las distintas tecnologías empleadas se diferencian en dos tipos: silicio cristalino y lámina delgada. Los paneles de silicio cristalino presentan una buena eficiencia y mayor fiabilidad, pero presentan un alto coste. Sin embargo, los paneles de lámina delgada son más fáciles de producir y consumen menos materias primas, se comportan mejor a altas temperaturas y son más resistentes al sobrecalentamiento, pero poseen una menor eficiencia y un tiempo de vida más limitado (4).

Los tipos de paneles fotovoltaicos incluidos en el estudio son: Silicio Monocristalino, Silicio Policristalino, Silicio Amorfo, CIS y TeCd.

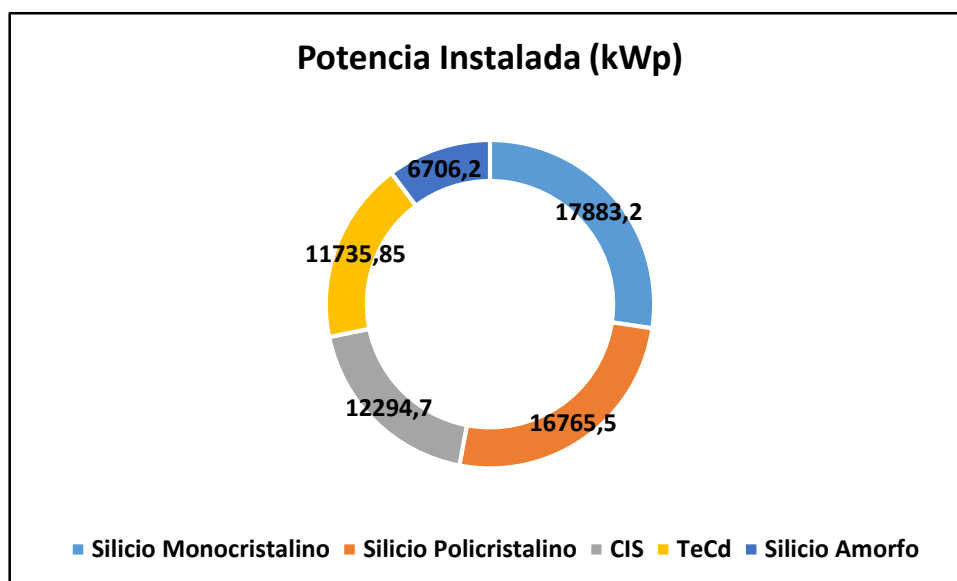


Figura 7. Potencia instalada según las distintas tecnologías.

Como podemos observar en la figura superior, la potencia instalada para todo el municipio de Miraflores de la Sierra es superior utilizando Silicio Monocristalino y Policristalino, sin embargo el Silicio Amorfo da los resultados más bajos.

Las dos tecnologías de lámina delgada que se han incluido en el estudio (CIS y TeCd) obtienen unos resultados intermedios, coherentes con los datos teóricos de su funcionamiento.

5.2.5. 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.

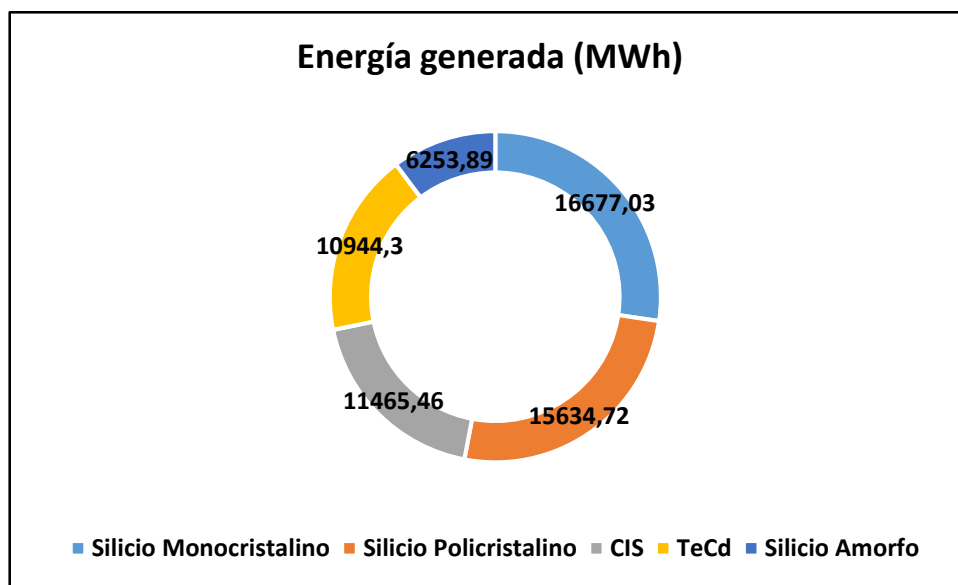


Figura 8. Energía generada según las distintas tecnologías.

En este caso volvemos a encontrar una mayor generación de energía por hora en los módulos de Silicio Monocristalino y Policristalino, las tecnologías de lámina delgada (CIS y TeCd) 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.

5.2.6. Caso concreto

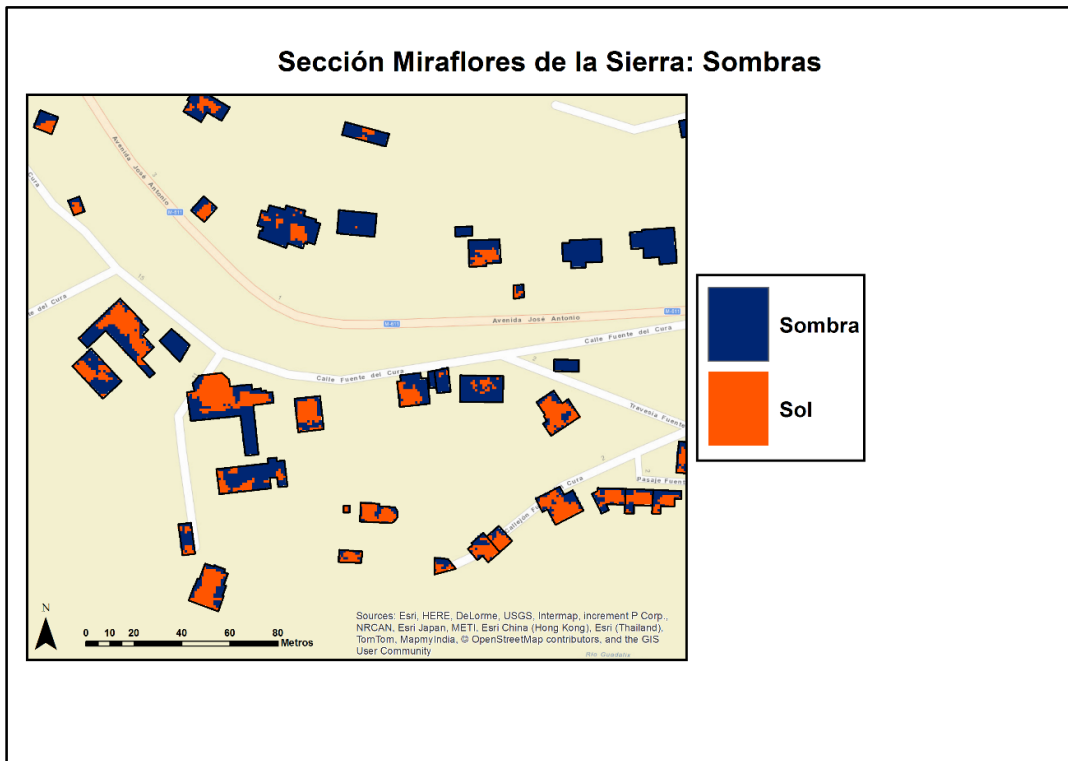


Figura 9. Mapa de sombras para el caso concreto.

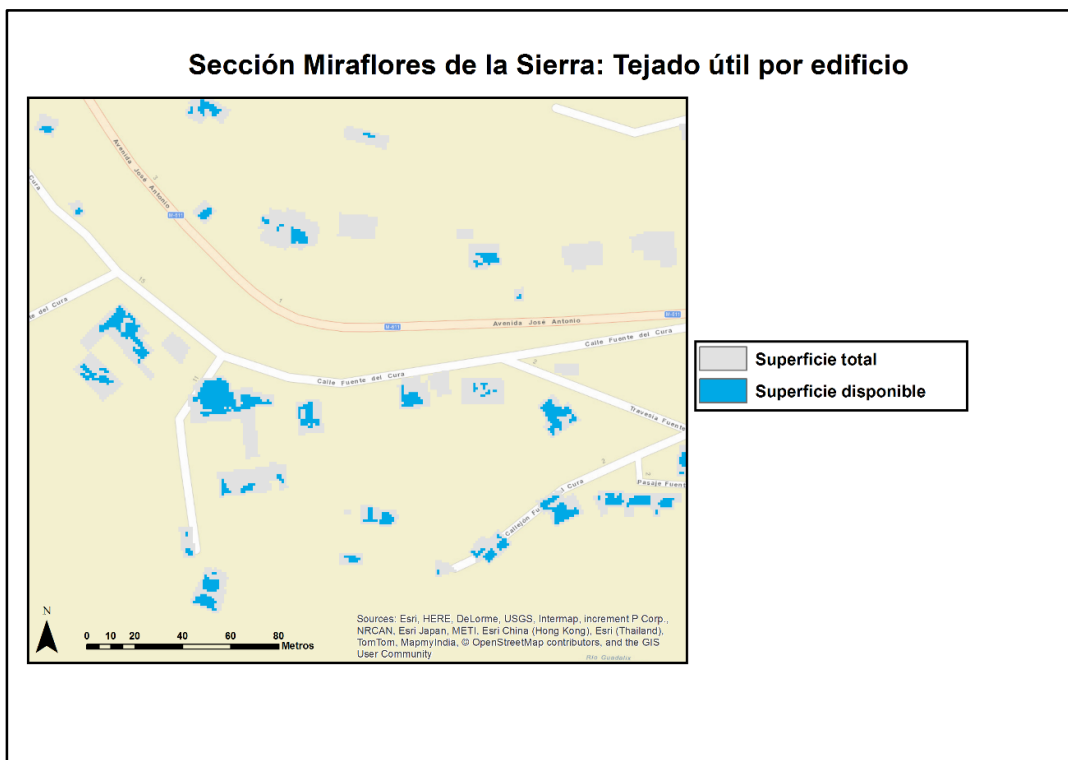


Figura 10. Mapa de tejado útil para el caso concreto.



Figura 11. Mapa de orientación para el caso concreto.

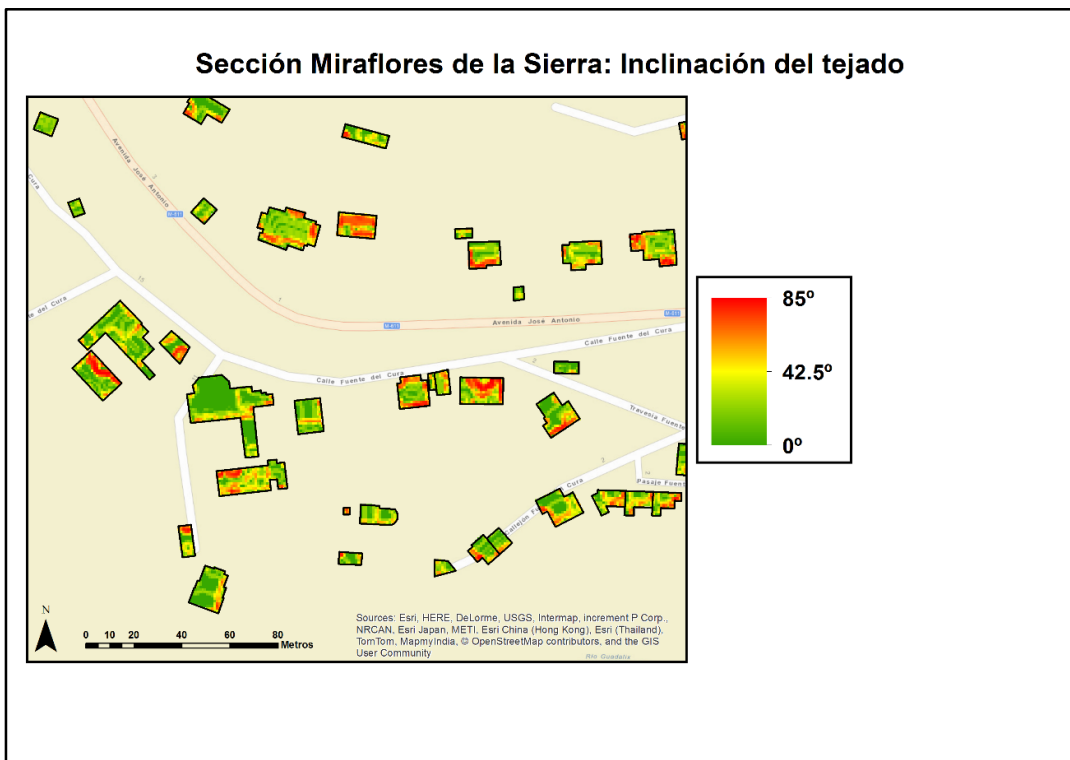


Figura 12. Mapa de inclinación para el caso concreto.

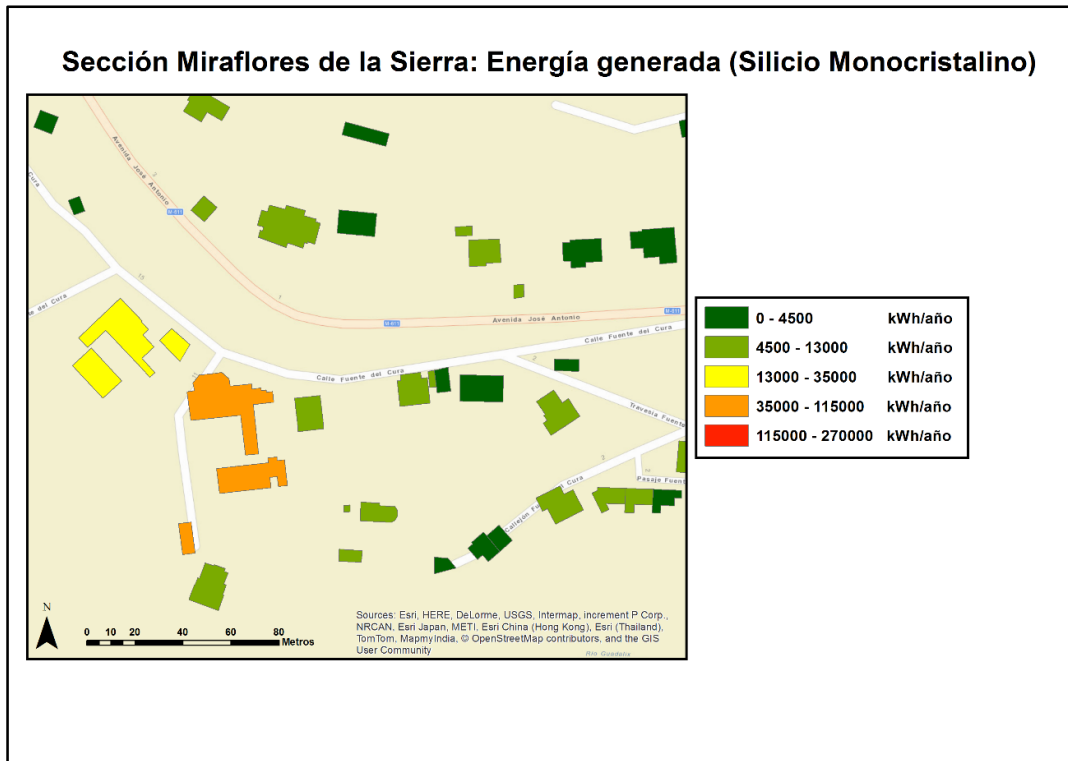


Figura 13. Mapa de energía generada (Silicio Monocristalino) para el caso concreto.

En las imágenes anteriores podemos observar una serie de edificios separados de forma horizontal por dos vías (calle Fuente del cura y avenida Jose Antonio). Como elementos de comparación usaremos los edificios ubicados en la parte izquierda de la mitad sur y los edificios de la mitad norte.

El modelo de sombras nos permite conocer la superficie de tejado disponible para la instalación de placas fotovoltaicas. Es el único parámetro encargado de discernir la superficie útil. De hecho, si observamos en las figuras anteriores las correspondientes a sombras y tejado disponible, la superficie de tejado disponible en cada edificio es prácticamente igual a la de zona soleada.

Una vez establecidas las zonas disponibles, mediante el uso de la inclinación y orientación de los tejados, se calculan las pérdidas en función de los mismos. Una morfología más adecuada (poca inclinación y orientaciones predominantes hacia el sur) minimizará las pérdidas, maximizando la eficiencia de la instalación fotovoltaica.

Las figuras anteriores sirven para ejemplarizar lo expuesto. Puede observarse como los distintos factores afectan tanto a la extensión de placas fotovoltaicas instaladas como a la productividad posterior de las mismas.

5.3. Comparación y distribución de los resultados para el municipio

5.3.1. Irradiación Solar global anual

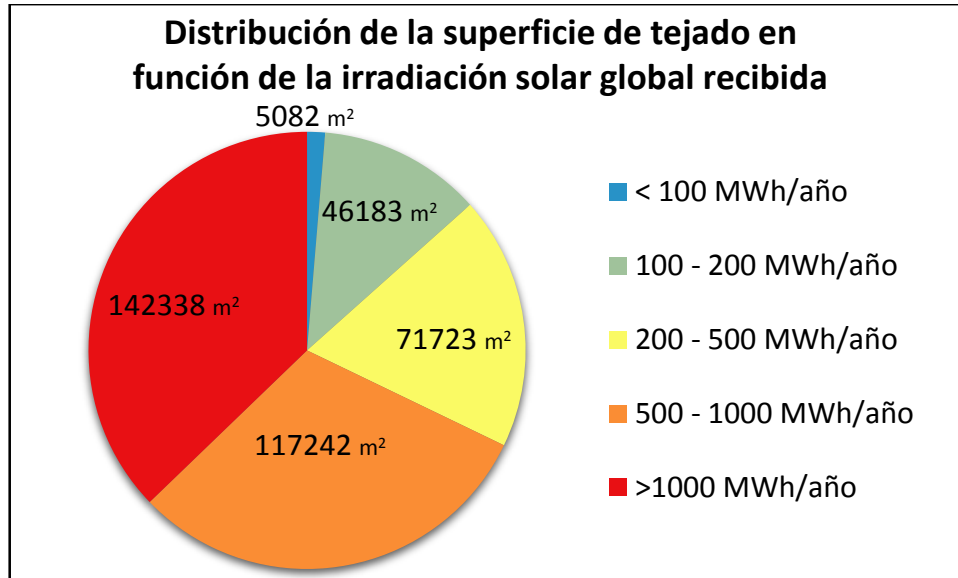


Figura 14. Gráfica de distribución de superficie según la irradiación solar.

Como se dijo anteriormente, la irradiación que recibe la superficie depende en gran medida de la inclinación y orientación de la misma. Zonas con baja inclinación y una orientación al sur tendrán mayores valores, mientras que zonas de acusada inclinación y orientaciones al norte, tendrán valores más bajos. Pero incluso superficies con las características menos indicadas obtienen valores medios de irradiación solar, quedando solo las zonas en sombra o con peores condiciones como las de menor impacto del Sol. Esto es debido a las excelentes condiciones climáticas del municipio con respecto a la irradiación solar.

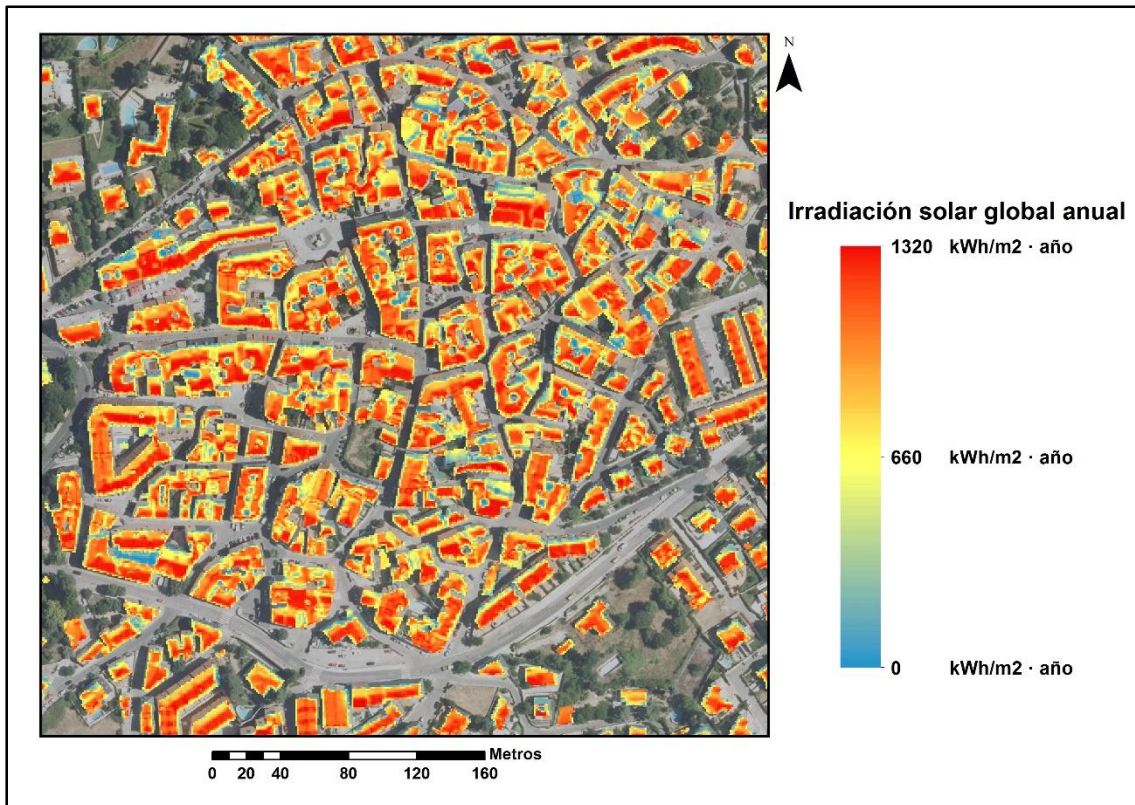


Figura 15. Irradiación solar en el núcleo urbano II.

Podemos decir por lo tanto que 259580 m² reciben una irradiación global anual superior a los 850 kWh/m² · año.

Sin embargo, los resultados de irradiación solar global del modelo son algo inferiores a los obtenidos por el portal ADRASE, que da como resultados para el municipio de Miraflores de la Sierra unos valores de 4,6 kWh/m², superiores 3,6 kWh/m² máximos del modelo.

Estos resultados distintos pueden darse debido a que el modelo usa como elementos para calcular la irradiación el relieve y la latitud, posiblemente menos compleja que la utilizada por el Grupo de Radiación Solar del CIEMAT. Sin embargo, los datos obtenidos por nuestro modelo muestran una mayor resolución espacial, fundamental para los objetivos planteados.

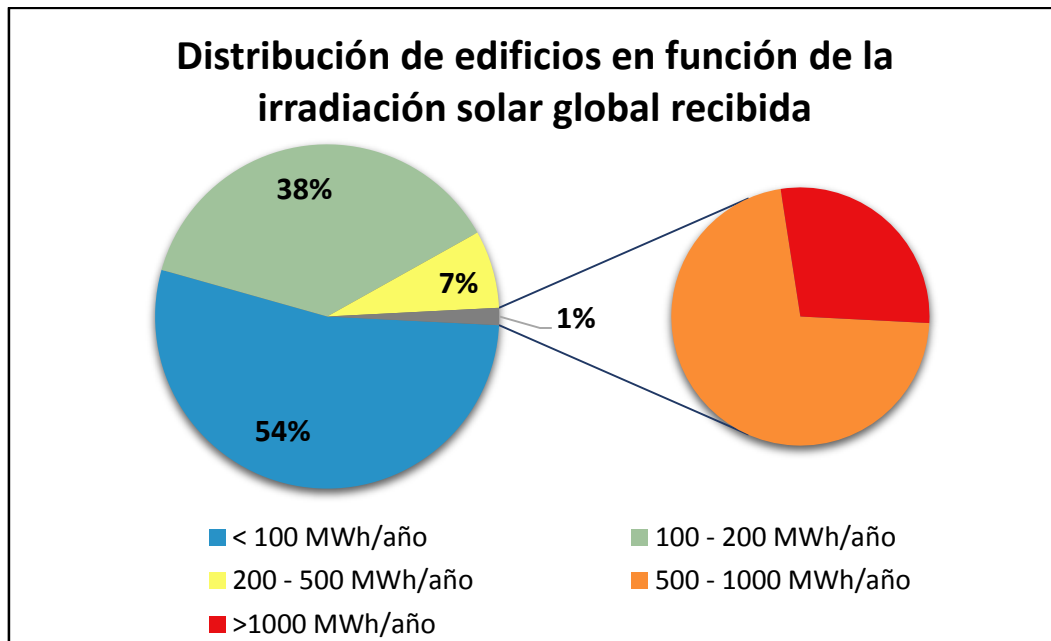


Figura 16. Gráfica de distribución de edificios según la irradiación solar.

Hay que tener en cuenta que la irradiación recibida por cada edificio es a su vez, un factor influyente tanto en la energía generada como en la potencia instalada y los resultados obtenidos tendrán gran influencia sobre los posteriores. Podríamos decir que es un paso anterior dentro del modelo.

Los resultados de la gráfica superior muestran una distribución de los edificios del municipio similar a la obtenida tanto en la energía generada como en la potencia instalada. Alguno de los factores que afectan a tal distribución, por lo tanto, son los mismos que en los casos anteriores.

Estos factores son los relativos a la morfología y ubicación de los edificios así como de elementos adyacentes, que permitirán un mayor número de horas de Sol y una superficie con las características idóneas que maximice dicha irradiación.

Aunque un porcentaje muy alto del municipio de Miraflores de la Sierra recibe una irradiación solar global anual por metro cuadrado alta o muy alta, sólo un pequeño porcentaje de los edificios se incluye en las categorías de mayor irradiación recibida. Esta aparente contradicción es fruto de los rangos establecidos. Áreas que reciben una gran cantidad de irradiación en función del espectro de valores de la irradiación por metro cuadrado, pueden pertenecer a un edificio que, según el espectro de valores de la irradiación por edificio (con valores mucho más altos), esté englobado dentro de las categorías de menor irradiación. La división de los rangos para cada caso se hizo en función de los valores obtenidos, por lo tanto no son comparables.

Los resultados de la siguiente gráfica están basados en la Irradiación solar global anual por edificio y, por lo tanto, los valores son superiores a los de la gráfica de distribución de superficie. La distribución de los rangos de la leyenda se ha hecho conforme a la opción “*natural breaks*” de ArcGIS y no necesariamente debe coincidir con los rangos establecidos en la gráfica de irradiación anterior.

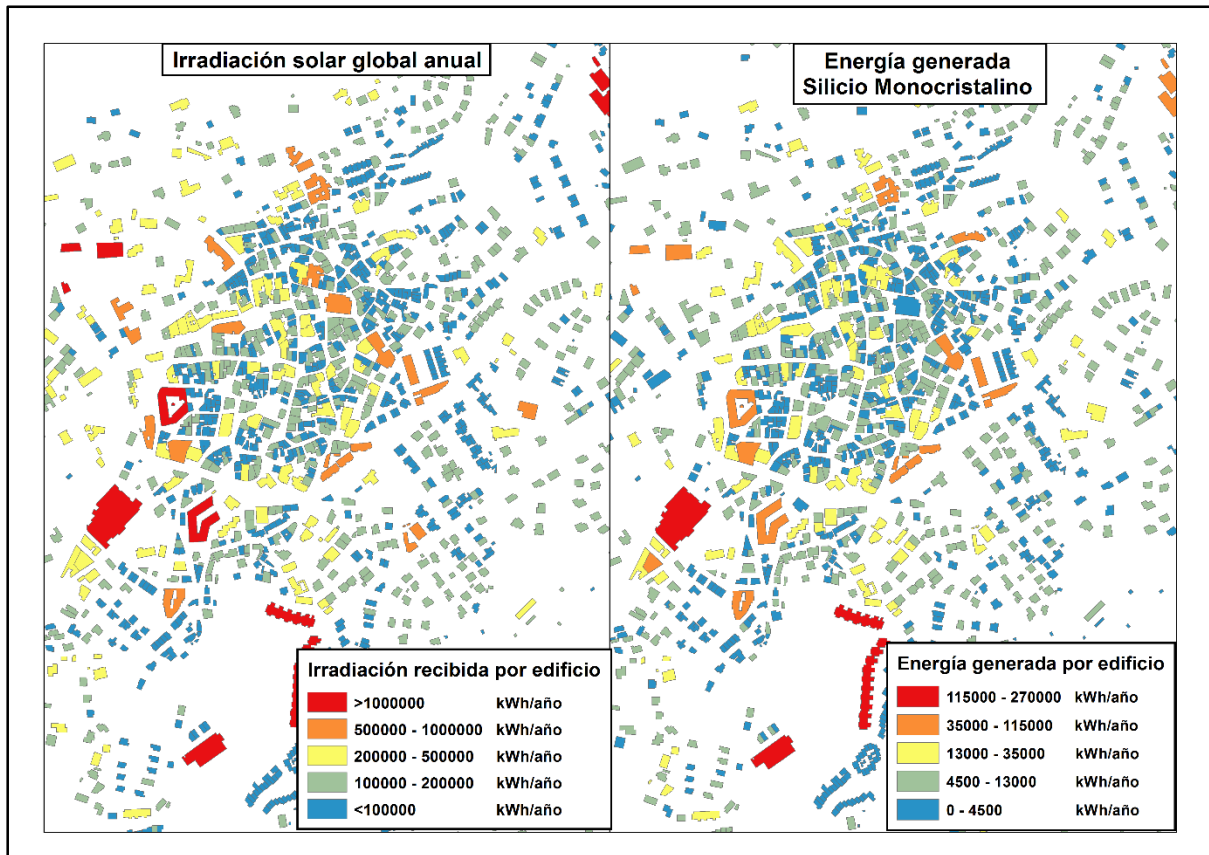


Figura 17. Comparación entre irradiación anual y energía generada.

Teniendo en cuenta la comparación de resultados de la imagen superior entre la Irradiación global y la energía generada es evidente la similitud de los resultados. En ambos casos la distribución de los rangos se ha hecho conforme a la establecida para el estudio.

Si bien se pueden apreciar algunas diferencias entre ambas imágenes, las más significativas se deben a la presencia de edificios singulares, los cuales presentan valores de irradiación pero a la hora de calcular la energía generada genera un resultado nulo dada su condición.

Esta similitud entre los resultados de ambos parámetros, que a su vez son consecutivos dentro del modelo, nos hace plantearnos dos posibles soluciones:

- La irradiación global anual, como paso anterior y factor que condiciona la energía generada y la potencia instalada, tiene un gran impacto sobre los resultados posteriores. Edificios con una irradiación elevada, aún con una menor superficie de tejado disponible, obtendrán valores elevados en el resto de resultados.
- Los factores que influyen en la irradiación global anual, que a su vez influyen también tanto en la energía generada como en la potencia instalable, tiene una mayor influencia en los resultados, quedando la irradiación relegada a un segundo puesto. Edificios con unas características morfológicas óptimas, una orientación al sur, gran extensión y ausencia de elementos adyacentes que proyecten sombras tendrán como resultado una gran cantidad de tejado disponible para la instalación de placas fotovoltaicas y, por lo tanto, una tasa de energía generada y una potencia instalable muy elevada.

5.3.2. Energía generada

Para analizar y comparar la distribución de los resultados para el municipio de Miraflores de la Sierra usaremos los correspondientes a la tecnología de Silicio Monocristalino.

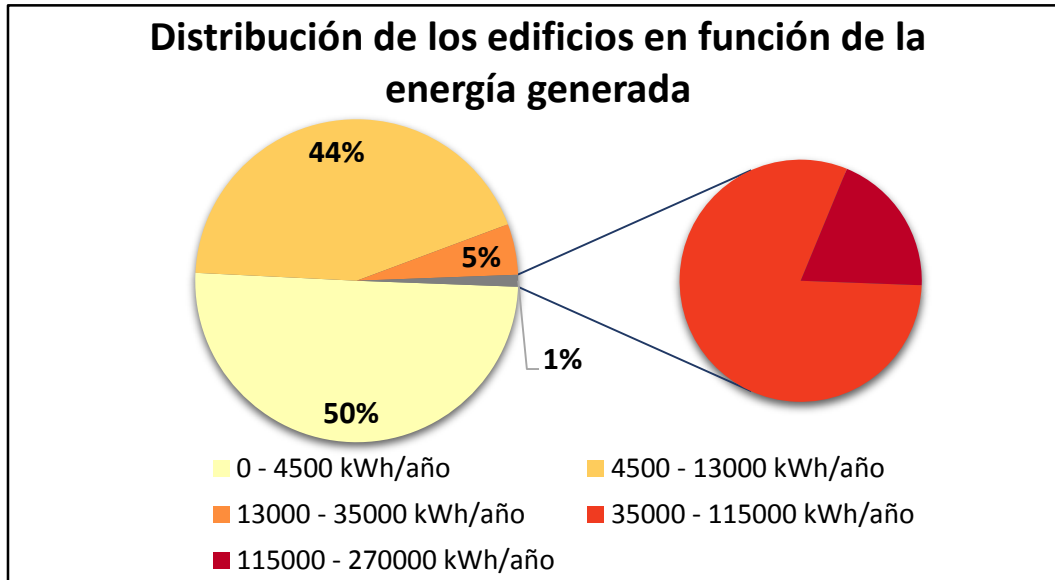


Figura 18. Gráfica de distribución de edificios según la energía generada.

Como podemos observar, un 94% de los edificios del municipio de Miraflores de la Sierra se encuentran incluidos en las dos primeras categorías y por lo tanto, 2448 edificios generan 13.000 kWh/año o menos. El siguiente rango lo componen el 5% de los edificios, quedando solamente el 1% (31 edificios) en los dos rangos de mayor energía generada.

La escasez de edificaciones que alcanzan las tasas más altas de generación de energía puede entenderse como que tal magnitud energética solo puede encontrarse en grandes estructuras con una gran cantidad de superficie disponible, como bien podemos observar en la cartografía. 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 difícilmente pueden generar gran cantidad de energía (en comparación con los máximos del municipio) y la distribución de las mismas entre las dos primeras categorías de la leyenda (0 – 4500 kWh/año, 4500 – 13000 kWh/año) se debe a la orientación y morfología de los tejados, así como a la presencia de elementos que puedan generar sombra sobre ellos.

Por lo tanto, podemos concluir que:

- La distribución de las parcelas entre las categorías más altas de generación de energía se debe en gran medida al tamaño del tejado y por consecuencia al tejado disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos.
- La distribución de las parcelas entre las categorías de menor generación de energía presenta una mayor influencia tanto de la morfología y orientación del tejado, como de las posibles sombras que puedan afectar al mismo.

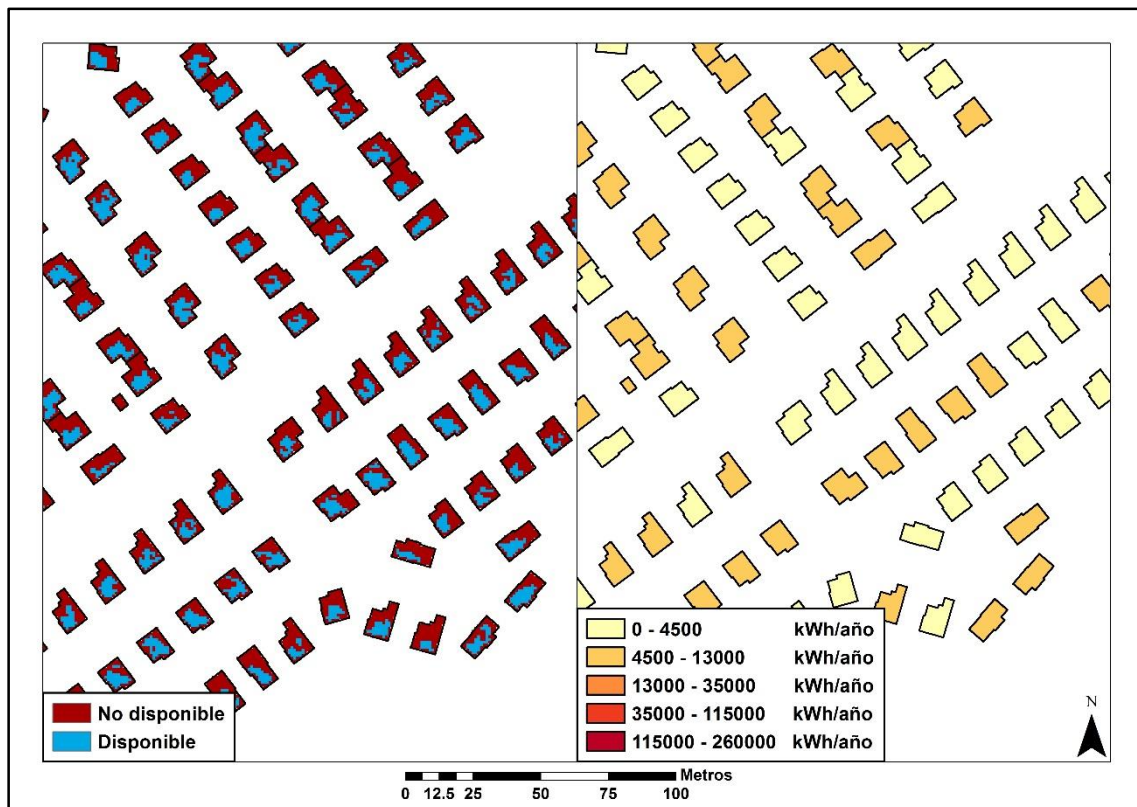


Figura 19. Comparativa entre el tejado útil en los edificios (izq.) y la energía generada (der.).

En esta imagen podemos observar como edificios con una superficie de tejado disponible similar están distribuidos en categorías diferentes y, por lo tanto, la tendencia a generar mayor o menor energía se debe a otros factores, como la morfología de los tejados.

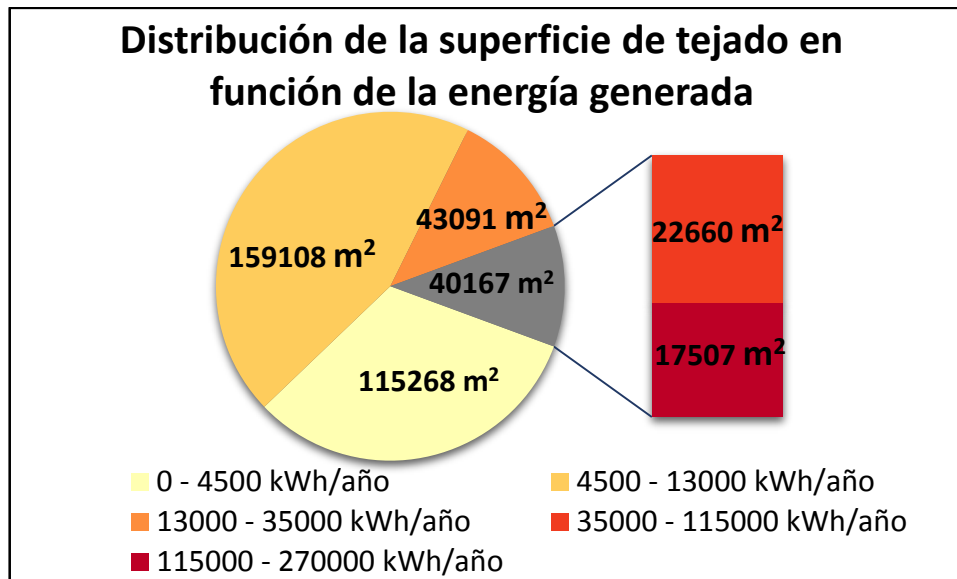


Figura 20. Gráfica de distribución de superficie según la energía generada.

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 esta gráfica observamos una serie de diferencias. La disminución de superficie en función del aumento energético no es tan acusado como en la gráfica anterior, presentando una disminución progresiva. 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, aun teniendo en cuenta el resto de factores, tenga una mayor superficie disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos. 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 energía generada aumenta la superficie disponible. Por ejemplo, si tenemos en cuenta la categoría de mayor generación de energía (115000 – 270000 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.

La categoría con mayor superficie presente es la que va de 4500 a 13000 kWh/año. Si volvemos a la gráfica de distribución de edificios, podemos ver como esta categoría es la segunda en magnitud con un 44% de los edificios. Esta subida de posición se debe a que, al igual que en el caso anterior, la mayor superficie de los edificios incluidos en esta clase influye en los resultados. Si a esto anterior le unimos que entre ambas categorías el número de edificios es similar (0 – 4500 kWh/año = 1311 edificios; 4500 – 13000 kWh/año = 1137 edificios), el resultado es el considerable aumento total de superficie de la segunda categoría frente a la primera.

5.3.3. Potencia instalada

Para analizar los resultados de la potencia instalada utilizaremos de nuevo los relativos a una instalación de módulos de silicio monocristalino.

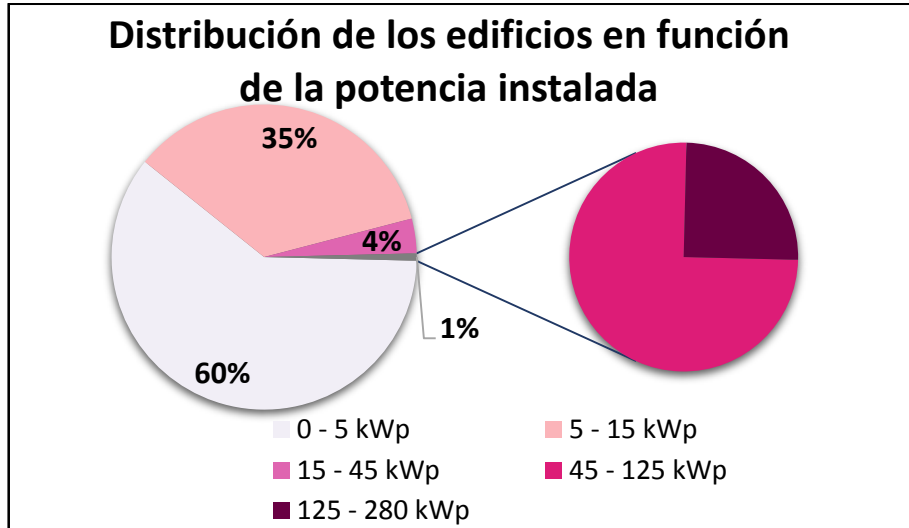


Figura 21. Gráfica de distribución de edificios según la potencia instalada.

Con respecto a la potencia instalada obtenemos unos porcentajes relativamente similares a los de la energía generada. Esto es debido a que los factores que afectan a dicha características son los mismos que en el caso anterior. Las diferencias existentes en los porcentajes resultantes entre ambos casos se deben a los rangos en los que están divididos los resultados, que abarcan espectros relativamente distintos.

La disminución del número de edificios conforme aumentamos la potencia instalada es considerablemente brusca, incluyendo sólo a 6 edificios (0,22%) en el último rango (125 – 280 kWp).

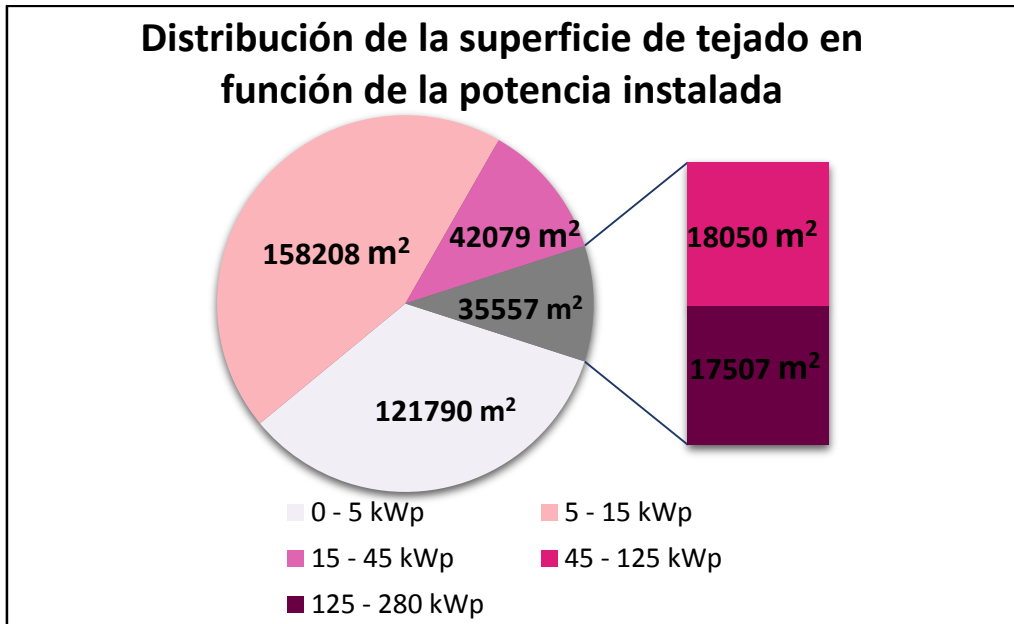


Figura 22. Gráfica de distribución de superficie según la potencia instalada.

En el caso de la distribución de superficie, los valores resultantes y el análisis de los mismos son similares a los expresados en la energía generada. Como se dijo anteriormente, pequeñas variaciones en los resultados se deben a los rangos propuestos para las distintas categorías.

5.3.4. Comparación de las tecnologías

5.3.4.1. Energía generada

Podemos comparar los resultados obtenidos para el municipio con las distintas tecnologías a partir de las gráficas de distribución de edificios en función de la energía generada.

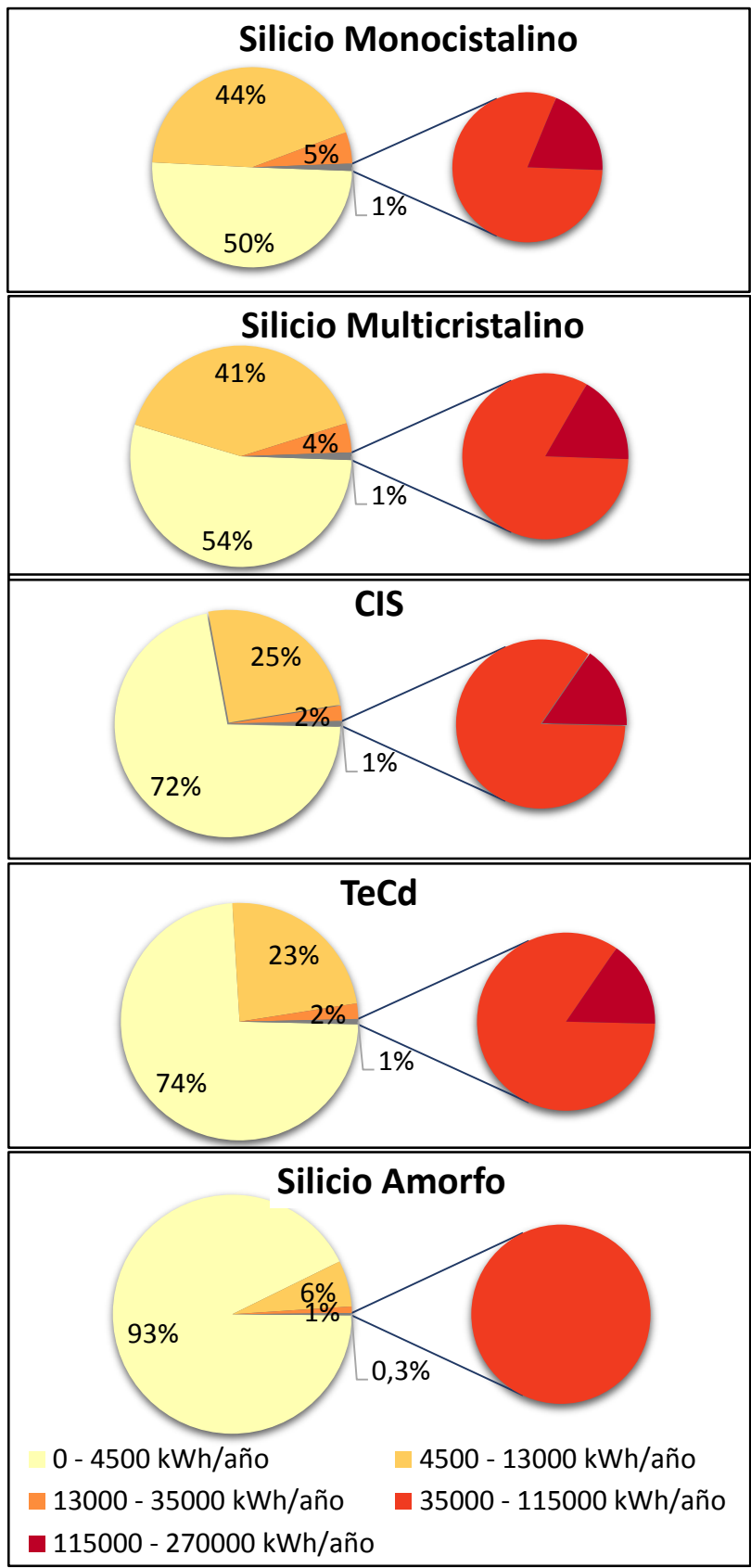


Figura 23. Gráficas de distribución de edificios según la energía generada para las distintas tecnologías.

Podemos observar que a medida que disminuye la eficiencia de la tecnología utilizada, los resultados de la distribución de edificios varían aumentando el número de parcelas incluidas en las categorías de menor tasa de generación de energía. Esto es evidente si entendemos que a menor eficiencia de los paneles fotovoltaicos, la generación de energía es menor. Llegando a casos de mínima eficiencia, como el Silicio Amorfo, podemos encontrar edificaciones con las mayores extensiones de superficie útil y mayor generación de energía que bajan hasta una categoría inferior, pasando de generar 115000 – 270000 kWh/año a generar 35000 – 115000 kWh/año.

Queda de manifiesto como la tecnología usada en la instalación de módulos fotovoltaicos tiene una gran importancia en los resultados finales. Otro ejemplo lo encontramos en la categoría más baja de energía generada (0 – 4500 kWh/año), la cual pasa de albergar el 50% de los edificios con el Silicio Monocristalino al 93% con el Silicio Amorfo.

Los resultados totales para el municipio de energía generada para cada una de las tecnologías son:

- Silicio Monocristalino: 16.677 mWh/año
- Silicio Multicristalino: 15.634 mWh/año
- CIS: 11.465 mWh/año
- TeCd: 10.944 mWh/año
- Silicio Amorfo: 6.253 mWh/año

La variación de la energía generada entre las distintas tecnologías es notable. Más de 10.000 mWh/año de diferencia entre instalaciones de Silicio Monocristalino y Silicio Amorfo.

5.3.4.2. Potencia instalada

A continuación volvemos a comparar las tecnologías pero utilizando la distribución de edificios en función de la potencia instalada.

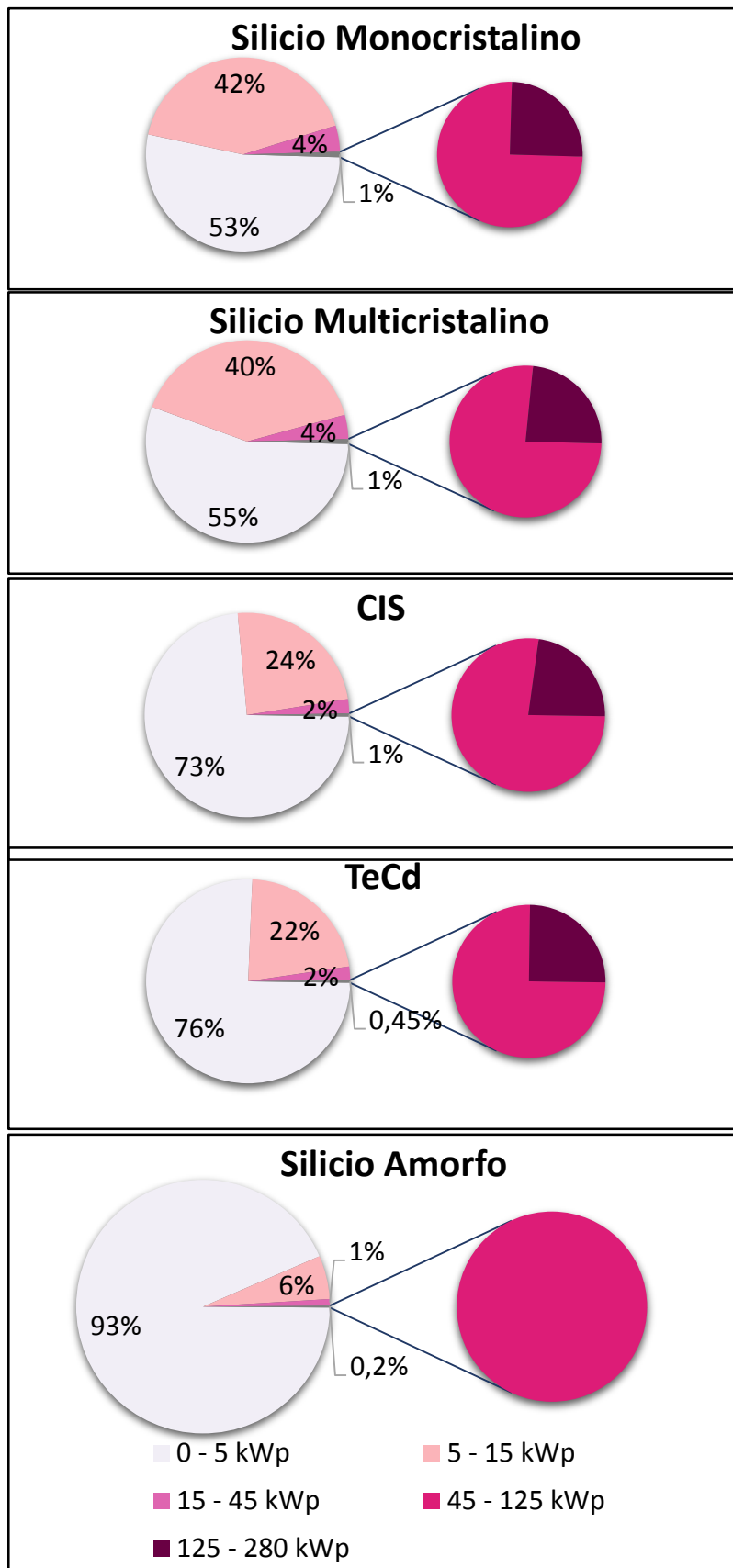


Figura 24. Gráficas de distribución de edificios según la potencia instalada para las distintas tecnologías.

Todo lo expuesto en el anterior apartado sobre la comparación de tecnologías en la energía generada es aplicable también en la potencia instalada.

Podemos observar cómo en las dos tecnologías más eficientes (Silicio Monocristalino y Multicristalino), los únicos datos que varían son los correspondientes a los dos rangos inferiores (0 – 5 kWp y 5 – 15 kWp). Hay un pequeño desplazamiento de un 2% de los edificios desde 5 – 15 kWp a 0 – 5 kWp. De estos hechos se extraen dos posibles conclusiones:

- Las diferencias existentes entre las dos tecnologías en materia de potencia instalable tienen poco impacto sobre los resultados y son solo apreciables en los rangos de menor potencia instalada.
- Las mayores extensiones disponibles para la instalación de módulos fotovoltaicos en los edificios incluidos en los rangos superiores permiten que aunque la tecnología usada tenga una menor eficiencia, la potencia instalada total para el edificio sea suficientemente alta para mantenerse en dicho rango.

Este último punto se ve reforzado por el hecho de que en las 3 tecnologías más eficientes (Silicio Monocristalino, Silicio Multicristalino y CIS) los edificios con una potencia instalada superior a 45 kWp se han mantenido por encima. Sólo cuando pasamos a las tecnologías menos eficientes (TeCd y Silicio Amorfo) varían los resultados para dicha potencia.

Los resultados totales para el municipio de potencia instalable para cada una de las tecnologías son:

- Silicio Monocristalino: 17.883 kWp
- Silicio Multicristalino: 16.765 kWp
- CIS: 12.294 kWp
- TeCd: 11.735 kWp
- Silicio Amorfo: 6.706 kWp

La variación de potencia instalada entre las distintas tecnologías es notable. Más de 11.000 kWp de diferencia entre instalaciones de Silicio Monocristalino y Silicio Amorfo.

5.4. Conclusiones

Una vez analizados y comparados los resultados obtenidos del estudio podemos añadir que hay fundamentalmente cinco elementos que contribuyen, en mayor o menor medida, a los resultados obtenidos para el municipio de Miraflores de la Sierra:

- Factores morfológicos y posicionales de las edificaciones: Afectan en gran medida tanto a resultados intermedios como a los resultados finales del modelo, interviniendo en la mayor parte de las fases. Posiblemente la serie de factores que influyen en mayor medida en la irradiación solar, potencia instalada y energía generada.

- Irradiación global anual: Puede considerarse tanto un resultado como un factor. Se obtiene a partir de la posición y la morfología de los edificios, pero también influye directamente en la cantidad de energía generada y potencia instalada.
- Tecnología utilizada: Es el último paso dentro del modelo, por lo cual afecta solo al resultado final. La instalación de módulos fotovoltaicos de distinta eficiencia puede afectar en gran medida al potencial fotovoltaico del municipio.
- Sombras y tejado disponible: Elementos de gran importancia para el resultado final. Las sombras proyectadas sobre un edificio pueden crear zonas en penumbra que limitan la irradiación solar que recibe y, a su vez, afecta 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. Cuando esto ocurre la razón principal es una superficie de tejado disponible muy limitada, causada por una gran cantidad de tejado en sombra. Podríamos concluir que zonas en penumbra quedan excluidas del estudio, siendo por lo tanto un factor limitante.

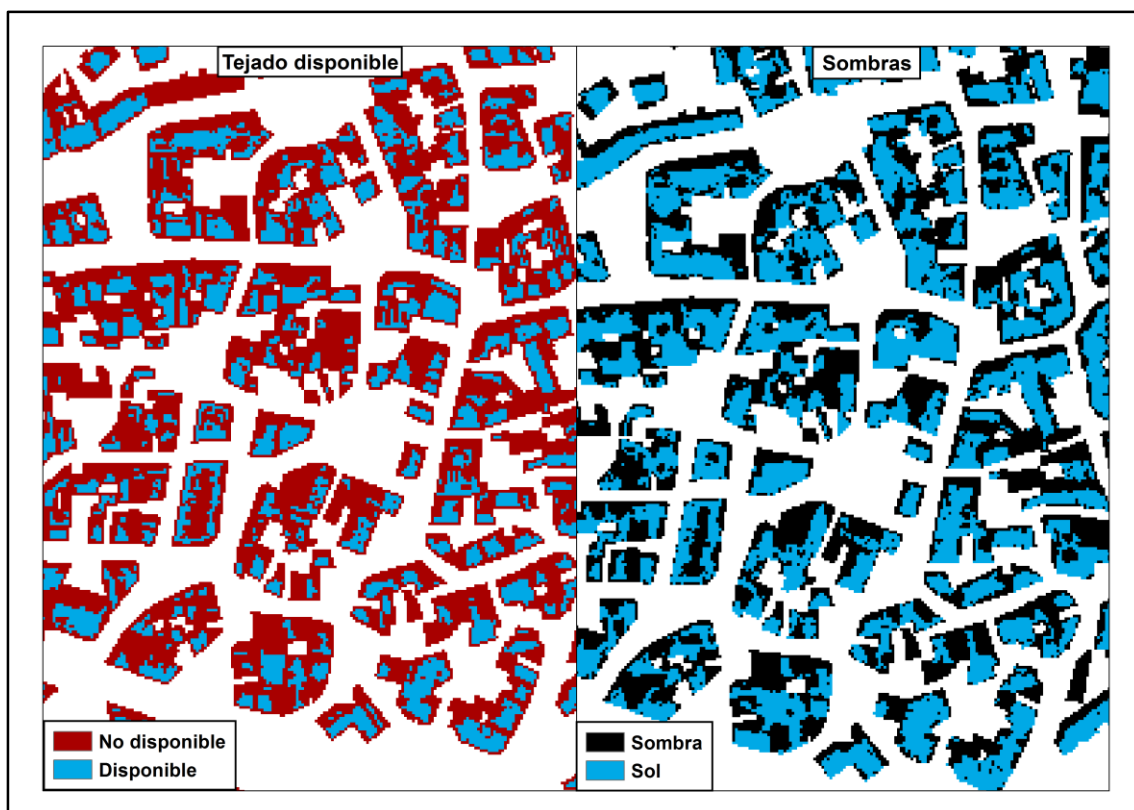


Figura 25. Comparación entre el tejado disponible y la presencia de sombras.

En la imagen anterior se puede observar como las zonas en sombra de la izquierda están incluidas entre las zonas de tejado no disponible de la derecha. Esto quiere decir, que a parte de los factores que pueden condicionar el tejado disponible, las zonas en sombra siempre formarán parte del mismo.

6. RESULTADO CARTOGRÁFICO

6.1. Importancia de la cartografía para nuestro caso de estudio

Una vez obtenidos los resultados del modelo se ha realizado una serie de cartografía para la correcta visualización y comprensión de los resultados.

La elaboración cartográfica resulta fundamental para dotar al proyecto de una mejor salida al usuario final. El carácter geográfico del estudio, basado en el potencial fotovoltaico del municipio de Miraflores de la Sierra, usando como elementos básicos las parcelas catastrales, hace del resultado cartográfico la salida natural de los datos obtenidos.

A día de hoy vivimos en una sociedad marcadamente tecnológica. El número de ciudadanos que hacen uso de las tecnologías de índole geográfica aumenta cada año. Aplicaciones como Google Maps, Google Earth u OpenStreetMap son usadas a diario por miles de personas, evidenciando una necesidad cada vez más importante de conocer aquello que nos rodea y utilizar la información y herramientas geográficas para resolver problemas o decisiones cotidianas.

La realización de cartografía asociada a un proyecto, tras un proceso de tratamiento y análisis de los datos obtenidos, permite al usuario final comprender el resultado de una manera rápida y efectiva. Así, información que de otra forma podría ser difícil de asimilar, llegando a inducir a error a los usuarios, puede ser representada de forma cartográfica en base a la componente espacial del estudio. En este caso, como bien se dijo antes, la misma base del proyecto es geográfica, haciendo más evidente su idoneidad.



Figura 26. Ejemplo de diagrama de flujo SIG.

Fuente: Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial. Gobernación de Córdoba.

6.2. Ejemplos de cartografía y visores en otros casos

La creación de cartografía y visores sobre el potencial fotovoltaico en entornos urbanos es relativamente novedoso pero actualmente existen varios ejemplos. El número de visores existentes ponen de manifiesto la importancia y repercusión del fácil acceso de estos datos al público. En el artículo *“Applying LIDAR datasets and GIS based models to evaluate solar potential over roofs: a review. Ana M. Martín, Javier Domínguez y Julio Amador.”* Se usan como referencias 15 visores diferentes pertenecientes a ciudades de América y Europa.

Se ha realizado una breve crítica de los visores del artículo citado y algunos que se publicaron de forma posterior, exponiendo sus virtudes y defectos:

Lisbon solar potential map (8)

- Ventajas.
Búsqueda de direcciones por teclado, selección de edificios para obtener información específica.
- Inconvenientes.
Solo es posible visualizar la Irradiación solar, no incluye figuras o gráficos que ayuden a la comprensión.

Bologna solar city (9)

- Ventajas.
Información variada en diversas capas, selección de edificios para obtener información y gráficas específicas, capacidad de interactuar con los datos específicos.
- Inconvenientes.
Ventanas emergentes dificultan la navegación por las distintas capas.

Cadastre solaire de Paris (10)

- Ventajas.
Información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener información específica, búsqueda de direcciones por teclado.
- Inconvenientes.
No incluye figuras o gráficos que ayuden a la comprensión.

Solar dachpotenzial Osnabrück (11)

- Ventajas.
Información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener información específica, búsqueda de direcciones por teclado, gran cantidad de información extra a partir de enlaces externos.
- Inconvenientes.
Leyenda muy simple, falta de figuras o gráficos que ayuden a la comprensión.

Dachflächeneignung für solaranlagen (12)

- Ventajas.
Búsqueda de direcciones por teclado, selección de edificios para obtener información específica.
- Inconvenientes.
No presenta ninguna capa de información fotovoltaica, navegación lenta y complicada, leyenda simple con poca información.

Bristol solar map (13)

- Ventajas.
Búsqueda de direcciones por teclado, selección de edificios para obtener información específica.
- Inconvenientes.
Solo muestra el potencial solar, leyenda simple y sin datos, falta de figuras o gráficos.

Solaratlas Berlin (14)

- Ventajas.
Información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener información específica, búsqueda de direcciones por teclado.
- Inconvenientes.
No incluye figuras o gráficas que ayuden a la comprensión.

San Diego solar map (15)

- Ventajas.
Incluye información de la morfología de los tejados, y potencial fotovoltaico.
- Inconvenientes.
No incluye información específica de cada edificio ni gráficas o figuras.

LA County solar map (16)

- Ventajas.
Búsqueda de direcciones por teclado, información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener información específica, capacidad de interactuar con dicha información.
- Inconvenientes.
Presencia de elementos que dificultan la navegación.

New York City solar map (17)

- Ventajas.
Búsqueda de direcciones por teclado, selección de edificios para obtener información específica, permite dibujar polígonos para calcular el potencial fotovoltaico, gran cantidad de información de los edificios y capacidad para interactuar con la misma, presenta gráficos y/o figuras.
- Inconvenientes.
No presenta ninguna capa de información visible.

San Francisco Energy map (18)

- Ventajas.
Búsqueda de direcciones por teclado, presenta información de instalaciones existentes, permite obtener gran cantidad de información extra a partir de enlaces externos.
- Inconvenientes.
Presenta muy poca información visible, interacción con los datos muy limitada, no presenta información de irradiación o potencial fotovoltaico.

Mapdwell (19)

- Ventajas.
Búsqueda de direcciones por teclado, selección de edificios para obtener gran cantidad de información específica, capacidad de interactuar con dicha información, presencia de gráficos y/o tablas.
- Inconvenientes.
Leyenda algo simple y carente de información.

Zonnescan provincia Noord-Brabant (20)

- Ventajas.
Información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener gran cantidad de información específica, permite interactuar con dicha información.
- Inconvenientes.
Sin inconvenientes aparentes.

Solar Dachatlas (21)

- Ventajas.
Información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener gran cantidad de información específica, permite interactuar con dicha información, búsqueda de direcciones por teclado.
- Inconvenientes.

Sin inconvenientes aparentes.

Zonatlas (22)

- Ventajas.
Información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener gran cantidad de información específica, permite interactuar con dicha información, búsqueda de direcciones por teclado.
- Inconvenientes.
Sin inconvenientes aparentes.

Mapa de recursos energéticos de Barcelona (23)

- Ventajas.
Información variada en distintas capas, selección de edificios para obtener gran cantidad de información específica, búsqueda de direcciones por teclado.
- Inconvenientes.
Falta de imágenes o gráficos que faciliten la comprensión.

Podemos concluir que los dos pilares fundamentales a la hora de generar un visor cartográfico son la cantidad de información disponible y una navegación fácil e intuitiva.

Con respecto a la información disponible, los rasgos comunes a todos los visores analizados son, tanto la capacidad de realizar búsquedas de direcciones por teclado, facilitando al usuario la tarea de localizar zonas de interés, como la posibilidad de interactuar con los elementos visibles, generalmente edificios, pudiendo obtener datos localizados. Estas funcionalidades en el visor obedecen a las demandas del ciudadano de a pie, el cual busca información relativa a sus parcelas, obviando los datos de distribución general.

Sin embargo estas herramientas no solo están pensadas para el ciudadano, pequeñas empresas o instituciones también pueden beneficiarse de dicha información para sus propios fines. Es por esto que la mayoría de los visores incluyen varios mapas temáticos en forma de capas desplegadas para representar distintos factores como irradiación solar, potencial fotovoltaico, potencial solar térmico, tejado útil e incluso localización y características de instalaciones ya existentes. Por lo tanto se hace necesario el implementar utilidades para ambos tipos de usuarios.

La navegación intuitiva se consigue mediante elementos desplegados, evitando saturar al usuario con mucha información en la pantalla al mismo tiempo. Distintas ventanas emergentes y leyendas o información adicional en forma de menús desplegados o enlaces externos evitan que el usuario desvíe la atención de los mapas temáticos y que solo muestre en pantalla aquella información que desee visualizar.

Otros elementos como gráficos o imágenes de apoyo a la información facilitan la comprensión del usuario y complementan la visión general o en conjunto de la información.

6.3. Importancia de los visores para el libre acceso de la información

Desde hace varios años ha crecido considerablemente el acercamiento de las personas a la tecnología, esto unido a la constante creación de contenido en la red ha hecho que la demanda de información por parte de los usuarios sea cada vez mayor. Por lo tanto, se hace necesaria la creación de portales o entornos web con los cuales el público pueda conocer de forma rápida e intuitiva aquello que necesita saber.

“Recientemente muchas aplicaciones GIS han migrado desde el escritorio a la nube, creando los conocidos “GIS basados en la web”, que tienen unas ventajas con respecto a sus predecesores; Puede ser utilizado por un número ilimitado de usuarios desde cualquier punto a través de internet, por lo tanto maximiza el intercambio de datos en información útil a través de los usuarios.” *Development of a web-based Geographic Information System for the management of borehole geological data. Yoon-Seop Chang, Hyeong-Dong Park.*

Por lo tanto, la continuación lógica a esta migración de los Sistemas de Información Geográfica a la web sería publicar los contenidos generados a partir de las mismas a través de portales o visores. Estas publicaciones tienen una serie de ventajas con respecto a la cartografía tradicional muy similares a las expuestas sobre los “GIS basados en la web”: La información es accesible a cualquier número de usuarios y se puede acceder a ella desde cualquier punto en cualquier momento, no hacen falta conocimientos técnicos en GIS por parte del usuario para poder obtener información, dado que se presenta el resultado final y es una fuente de información tanto para el ciudadano como para empresas e instituciones porque permite interactuar con los distintos elementos obteniendo diversas visiones de los datos, según los intereses del usuario.

Resulta evidente la necesidad de hacer la información cada vez más accesible a un número de personas en constante aumento. Tanto los visores analizados en este texto como los pertenecientes a grandes compañías atestiguan la importancia de una información actualizada y de libre acceso, que permita tanto al ciudadano como las compañías tomar decisiones sin necesidad de recurrir a conocimientos técnicos o programas de gran coste y sin embargo muy limitados.

7. MAPAS TEMÁTICOS

Los mapas temáticos son mapas encargados de representar algún fenómeno o característica sobre una base geográfica. El propósito de los mismos es ilustrar las características estructurales de cierta distribución geográfica determinada, lo que implica la asignación de los fenómenos físicos y culturales o ideas abstractas sobre ellos (24).

Un mapa temático está compuesto por un mapa base y una o varias capas temáticas, que son el resultado de la extracción de información y su posterior análisis mediante una plataforma GIS (8).

Resulta evidente que el estudio del potencial fotovoltaico de un municipio tiene una componente geográfica muy importante, por lo que la forma más coherente de publicar los resultados es mediante mapas temáticos. Dichos mapas responden a la premisa de representar la distribución espacial de una serie de atributos plasmando los resultados obtenidos para las distintas parcelas catastrales que conforman el municipio.

7.1. Elección de cartografía temática

Para la representación de la información hemos escogido mapas de coropletas, los cuales se caracterizan por sombreadar una zona determinada con un color correspondiente a un valor dado. Para ello se usan distintas gamas de color que reflejen de manera adecuada el atributo seleccionado.

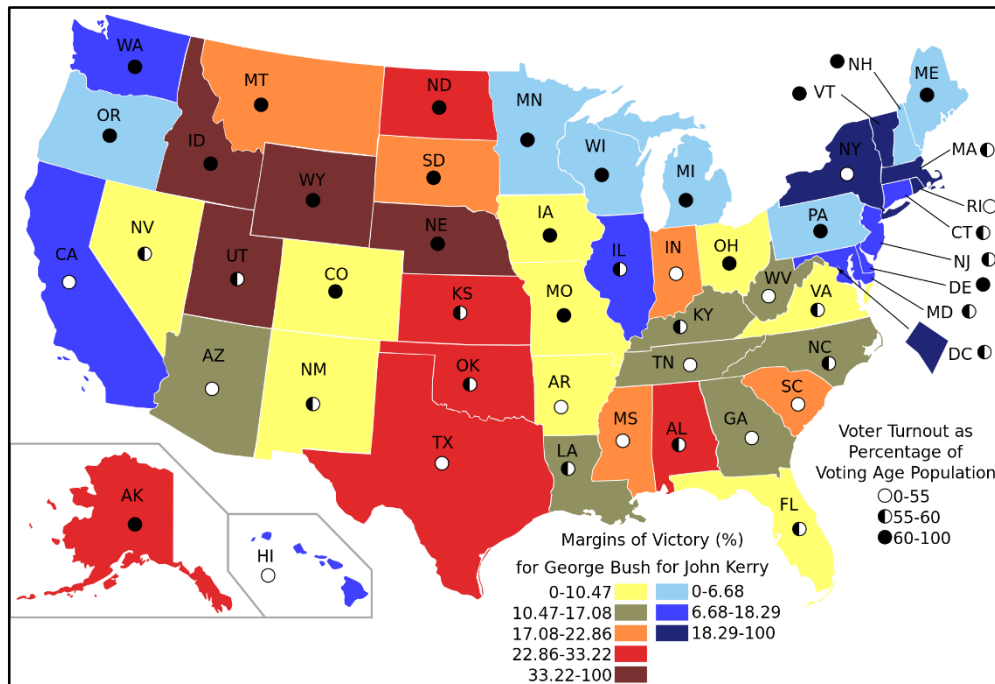


Figura 27. Ejemplo de mapa coroplético.

Fuente: Wikipedia.

Como base para los mapas se ha seleccionado la ortofotografía de máxima actualidad ETRS89_HU30_H50_0509, perteneciente al Plan Nacional de Ortofotografía Aérea y correspondiente al municipio de Miraflores de la Sierra. La imagen se ha obtenido del Instituto Geográfico Nacional.

Al obtener tanto las ortofotografías como los resultados del modelo en el sistema de coordenadas ETRS89, siendo este el sistema geodésico de referencia en España desde 2007, se ha elaborado toda la cartografía en dicho sistema.

La finalidad de la serie cartográfica será mostrar de manera sencilla e intuitiva los distintos resultados obtenidos por el modelo, facilitando la comprensión de los mismos por parte del usuario.

Para ello representaremos en distintos mapas los resultados de potencia instalable y energía generada para cada una de las tecnologías, la irradiación solar total anual, y los distintos factores que han propiciado los resultados finales (sombra, tejado útil, orientación e inclinación).

7.2. Elaboración de la cartografía temática

7.2.1. Diagramación

Como guía para elaborar la serie cartográfica se ha utilizado el ensayo escrito *Agnes T. Aldana y Ernesto Flores R.* Titulado *Diagramación de mapas temáticos* (25).

Como los mismos autores expresan al principio del ensayo *“La diagramación propende a crear un mensaje gráfico eficaz, disponiendo los elementos que conforman el mapa temático, dentro de una estructura global, jerarquizada y ordenada, para que pueda ser adecuadamente captada y comprendida por el lector, sin ambigüedades”* (25).

“La diagramación de un mapa temático, en el cual, todos sus componentes conforman una estructura armónica, entre los aspectos estéticos y las condiciones inherentes de la información, debe propender a la creación de imágenes atractivas, fácilmente perceptibles, pero simultáneamente altamente eficaces en la comunicación objetiva.”

Para comenzar con la diagramación del mapa hemos de dividir el total de los elementos presentes en el mismo en una serie de conjuntos que dispondremos en módulos delimitados y organizados. La disposición de dichos elementos pretende mantener una apariencia equilibrada, disponiendo los elementos de distinto peso y tamaño en función de los espacios definidos en la malla (Gasch, 1991; Swann, 1993).

La malla no es más que el esquema en el que se ubican de cada uno de los conjuntos en nuestro mapa.

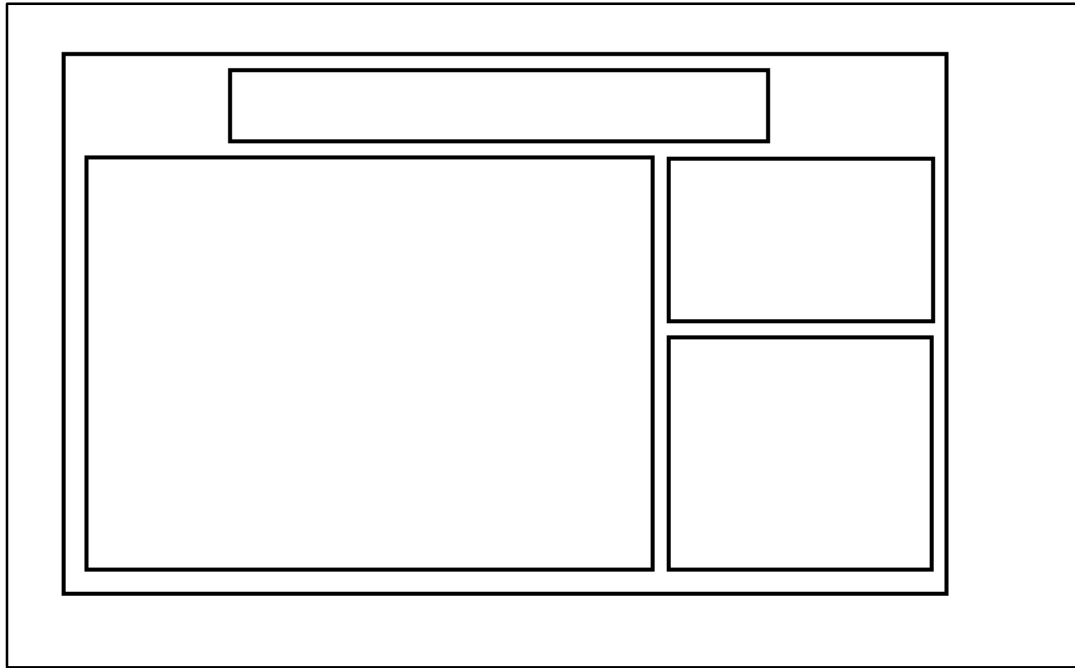


Figura 28. Ejemplo de ubicación de los conjuntos.

Proceso diagramación del mapa temático.

El primer paso en el proceso de diagramación será identificar los distintos elementos que componen el mapa e incluirlos en cada uno de los distintos conjuntos de datos.

Conjunto I

Incluye el objeto del mapa. Se trata del conjunto principal que representa la realidad que se quiere plasmar en la cartografía, debe de obedecer a una serie de normas cartográficas y debe de ser el centro de atención del mapa, ocupando la mayor parte del espacio.

Conjunto II

Se encuentran en este bloque los elementos que acompañan al conjunto I y ayudan al usuario a comprender el significado del mismo.

Título: Debe ser conciso y expresar de manera concreta lo representando en el mapa.

Subtítulo: En caso de ser necesario, puede dar información adicional que no haya sido incluida ya en el título.

Escala: Puede ser tanto numérica como gráfica. Se pueden incluir las dos, pero en caso de poder incluir solo una esta ha de ser la gráfica, dado que evita que al reducir o ampliar el mapa este pierda la proporción con la escala.

Conjunto III

Comprende la leyenda, la cual es uno de los elementos de mayor importancia del mapa, dado que dota a los distintos objetos o colores utilizados de un valor real, permitiendo que el usuario comprenda el significado de cada una de las piezas del mapa.

Como características de la leyenda podemos citar las siguientes:

- Debe ser exhaustiva, ordenada, descriptiva y explicativa. (Flores, 1995)
- Cuando es posible, es recomendable disponer la leyenda de forma vertical, ordenados de forma decreciente.
- Las unidades utilizadas para expresar la escala deben describirse en el subtítulo de cada componente. Se recomienda explicar las unidades de medición de manera precisa, preferiblemente una expresión matemática. (Grelot, 1992)
- Las distintas clases expresadas en la leyenda deben ser fácilmente diferenciables.

Conjunto IV

Se reserva para identificar al autor de la cartografía y/o la institución patrocinadora. A parte de lo anteriormente citado puede incluirse más información dentro del mismo contexto.

Conjunto V

Está compuesto por una serie de elementos que ayudan al usuario a identificar en el espacio el área representada en el mapa:

- Imagen de situación del área de estudio. Esta imagen o mapa de pequeño tamaño permite ubicar la zona tratada en el mapa en el espacio, generalmente se suele representar junto a las regiones adyacentes, dentro de la división administrativa superior.
- Norte magnético.

Conjunto VI

Se compone de las fuentes bibliográficas y cartográficas utilizadas para realizar el mapa. Estas fuentes sirven al usuario para conocer la fecha de la información utilizada y de los resultados representados en el mapa. (Gimeno, 1990; Quodverte, 1997).

El siguiente paso será determinar la dimensión, forma y ubicación del conjunto I, dado que es el de mayor relevancia del mapa. Si bien debe predominar sobre el resto de conjuntos, debe de dejar espacio para que todos puedan ser incluidos en la cartografía final.

Para ello podemos utilizar las reglas que estableció *Ernesto R. Flores* sobre el uso del plano:

- Es necesario extender el espacio geográfico para no mostrar la región de estudio de forma aislada, evitando así una posible confusión por parte del usuario. Para ello se han de mostrar los límites de dicha zona y partes de las zonas adyacentes, siempre que sea posible.
- Aunque es conveniente añadir los espacios adyacentes, no es necesario incluir información de los mismos, dado que puede desviar la atención del objeto principal de plano.

Debemos tener en cuenta que las reglas explicadas anteriormente no son infranqueables, todo depende del área que queremos representar y del evento o característica del mismo que estamos estudiando, de él dependen el detalle, la escala y la posición del plano.

En nuestro caso, al ser la zona de estudio el núcleo urbano de Miraflores de la Sierra, el cual tiene unas dimensiones inferiores al término municipal (figura 2) y al necesitar mostrar los

resultados del modelo con un mínimo de detalle, se hace muy difícil incluir en el plano regiones adyacentes al término municipal. Sólo en la zona noroeste de nuestro plano podemos incluir parte del término municipal de Bustarviejo, el cual linda con Miraflores de la Sierra a escasa distancia del núcleo urbano.

El último paso, una vez identificados los conjuntos y seleccionado el tamaño y forma del conjunto I, consiste en ubicar dicho conjunto de forma que aproveche todo el espacio posible, dejando hueco para que el resto de conjuntos se puedan disponer también sobre el mapa. Es importante crear un equilibrio entre los distintos conjuntos, pero siempre centrando la atención sobre el conjunto I.

Una vez procedemos a identificar los distintos conjuntos y ubicarlos en el mapa, siempre centrando el interés del usuario en el conjunto I, obtenemos tres resultados distintos. Cada uno de ellos tiene una serie de ventajas e inconvenientes, los cuales discutiremos más adelante.

Los diagramas resultantes se muestran con unos códigos de color correspondientes a los distintos conjuntos:

El recuadro negro se corresponde conjunto I, el cual muestra el elemento fundamental del mapa, Miraflores de la Sierra.

En rojo el conjunto II, compuesto por título y subtítulo.

En verde el conjunto III, que contiene la leyenda, con su propia información anexa si es necesario.

En azul el conjunto IV, correspondiente a los autores y los organismos implicados.

En amarillo el conjunto V, compuesto por la imagen de situación de la zona de estudio

En gris el conjunto VI, que contiene tanto las referencias bibliográficas y cartográficas como información extra que se desee añadir sobre el proyecto o el mapa.

En algunos casos el conjunto II y IV se han unido para minimizar el espacio que ocuparían por separado, permitiendo más elementos o un mayor detalle en el plano del conjunto I. Este se muestra en color morado.

Pueden aparecer figuras de detalle o explicativas de algunos puntos del plano, así como gráficas o elementos que ayuden a comprender el mapa. Estos elementos los identificaremos con el color marrón.

Tanto la escala como el norte magnético han sido añadidos dentro del conjunto I.

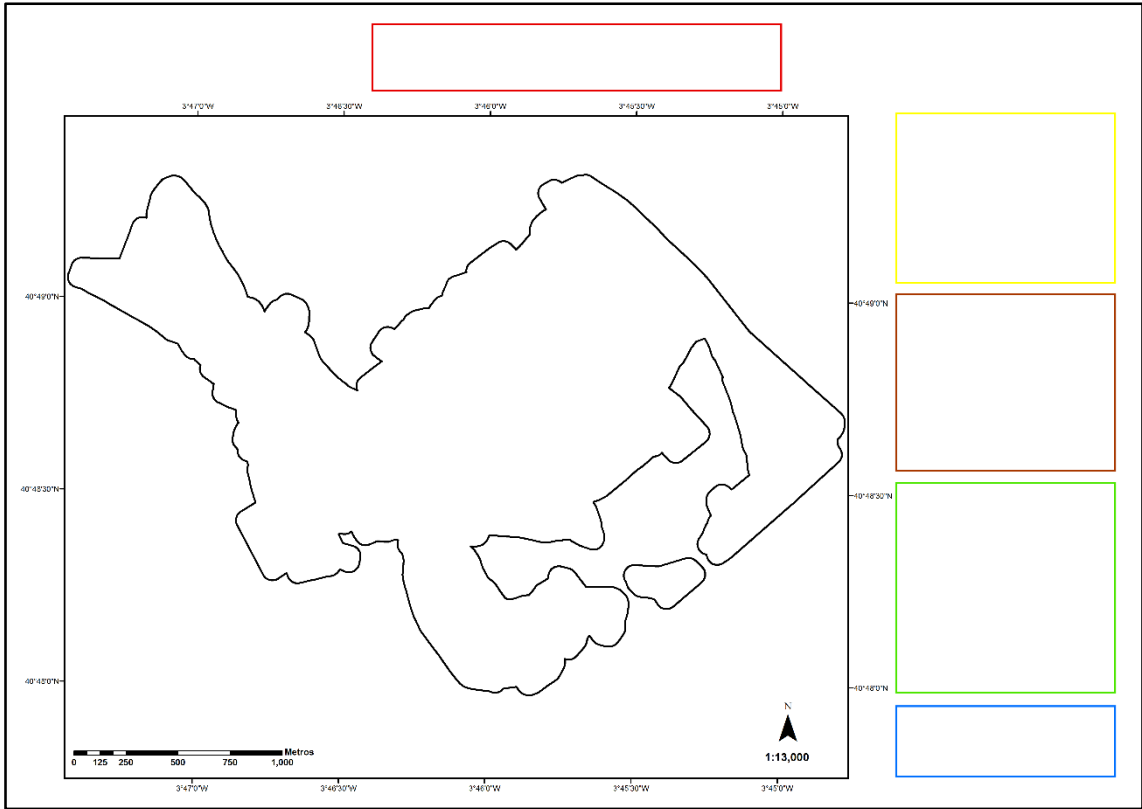


Figura 29. Diagrama I.

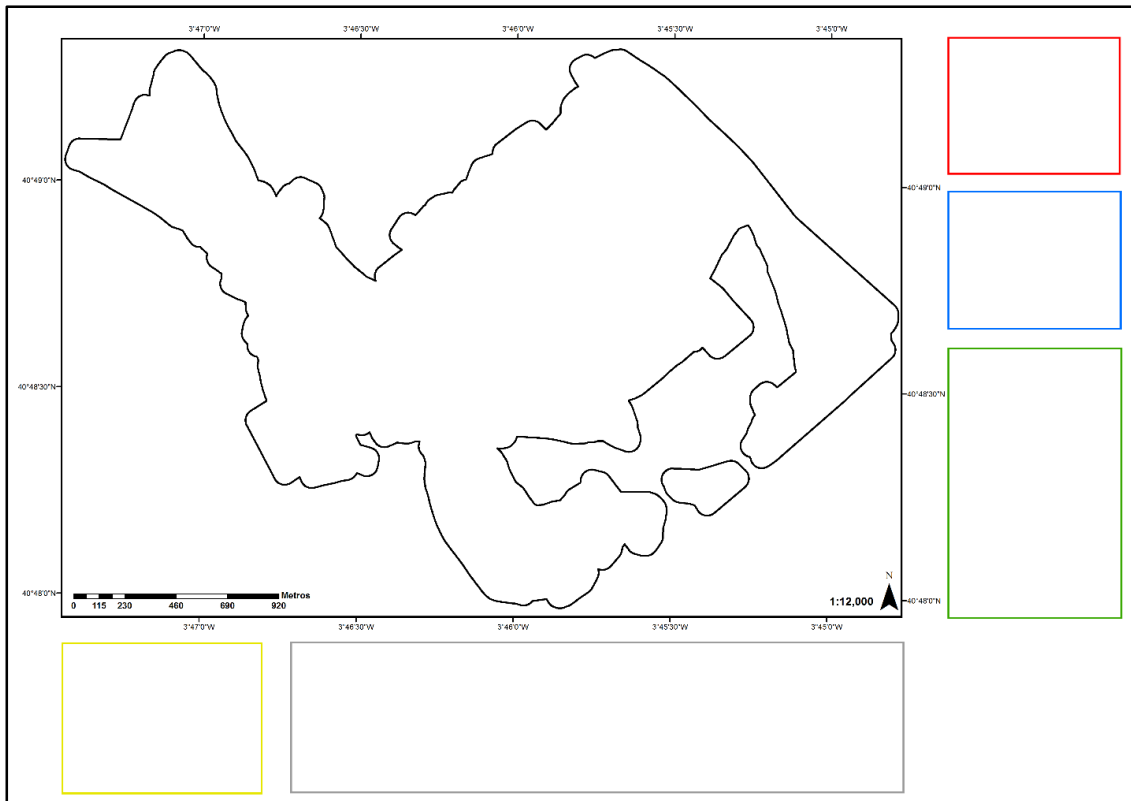


Figura 30. Diagrama II.

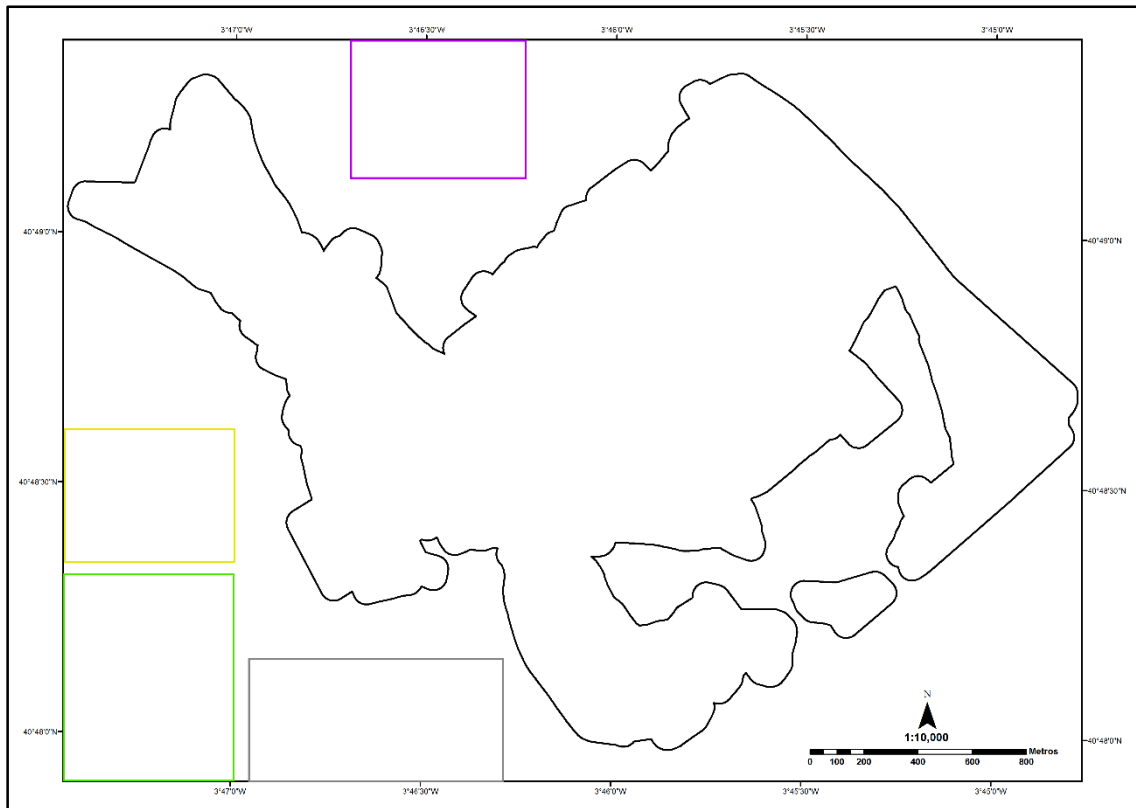


Figura 31. Diagrama III.

Como podemos observar los distintos diagramas tienen pequeñas pero evidentes diferencias. Los dos primeros optan por separar espacialmente los conjuntos, al contrario que el diagrama III, que incluye el resto de conjuntos dentro del conjunto I.

Por lo tanto, el diagrama I y II son relativamente similares: El primero apuesta por introducir imágenes, secciones del plano o gráficas que ayuden a la comprensión del mapa a costa de sacrificar espacio para el resto de conjuntos y representar la zona de estudio a una escala menor. La reducción de escala permite a su vez al resto de conjuntos recuperar el espacio perdido y aunque pueda dificultar la identificación de edificios o regiones pequeñas en el plano, las imágenes de detalle pueden suplir dicho defecto. El diagrama II introduce una mayor escala en el conjunto I, lo cual hace que el resto de conjuntos ocupen menos espacio. Al no incluir imágenes o diagramas y distribuir los conjuntos tanto a la derecha como debajo del plano, permite la adición del conjunto VI (referencias e información adicional), el cual puede variar su tamaño en función de las necesidades.

El diagrama III muestra el conjunto I a una mayor escala, ocupando aproximadamente la totalidad del mapa. El resto de conjuntos quedan incluidos dentro del primero, viendo disminuido su tamaño o incluso siendo excluidos en algunos casos. Este diagrama se centra en el plano principal y al contrario que el resto, sacrifica información y conjuntos para centrar la atención del usuario al plano principal, quedando el resto de conjuntos como mera información adicional.

7.2.2. Creación de mapas

Para la creación de los mapas hemos usado el mismo software en el cual se ha ejecutado el modelo, *ArcGIS* de *ESRI*. El uso del mismo programa para la ejecución del modelo y para la publicación de la cartografía ha facilitado el proceso evitando problemas de compatibilidad.

Haciendo uso de distintas vistas podemos plasmar varios conjuntos en ArcMAP a la vez. Gracias a esto podemos representar tanto el plano principal como el conjunto de ubicación, correspondiente a la comunidad de Madrid.

Se han añadido imágenes y figuras para afianzar los resultados expuestos por el mapa y dotar a este de una mayor densidad de información.

Una vez teníamos todas las capas e imágenes que vamos a usar, la mayoría del trabajo se basa en disponer correctamente los conjuntos, según habíamos planteado.

La distribución de los conjuntos elegida está basada en el diagrama III, el cual incluye el resto de conjuntos dentro del primero. Pero a diferencia de este, se ha variado la disposición de los mismos y se han eliminado las cajas que los contenían, eliminando la separación entre los datos y dotando de uniformidad al mapa.

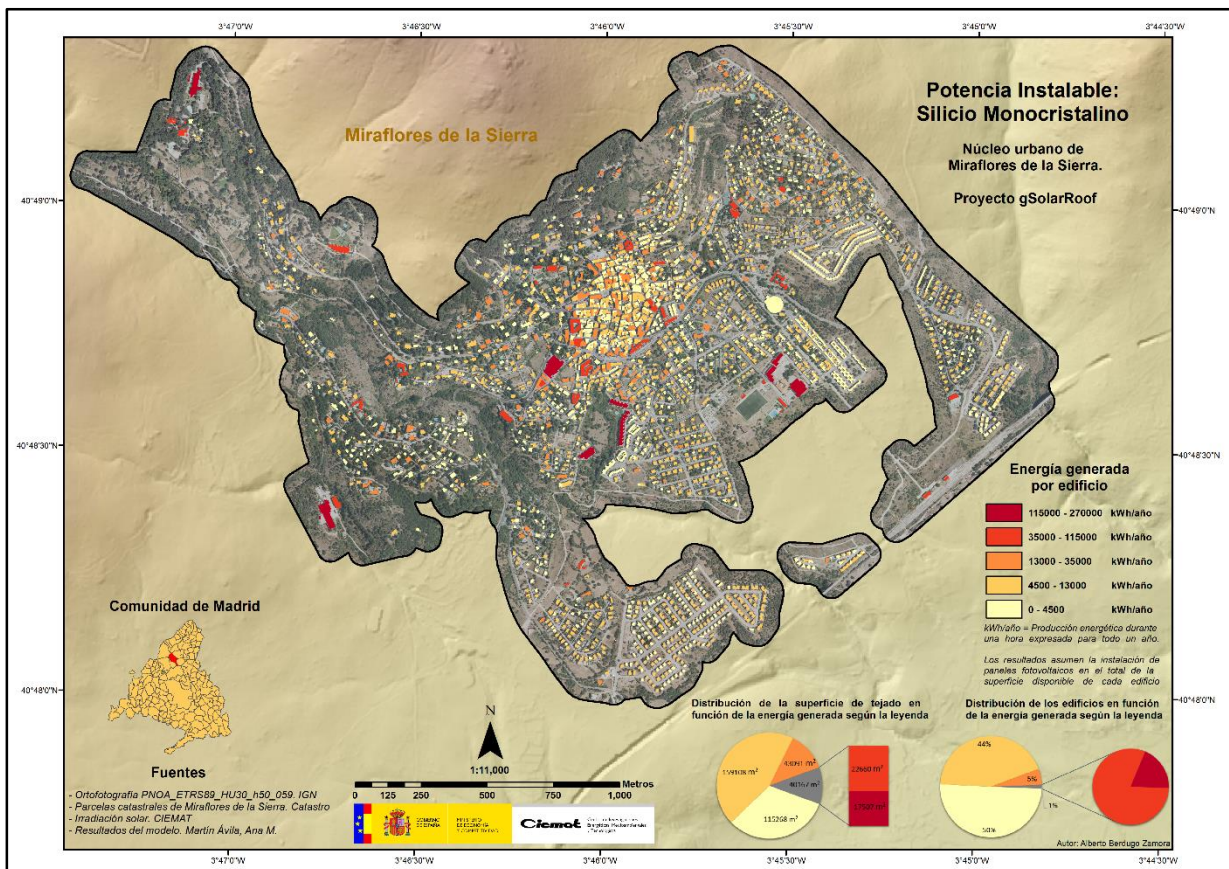


Figura 32. Mapa resultado.

7.2.3. Elementos del mapa

Como podemos observar en la imagen superior se han incluido dos gráficas por mapa que expresan la distribución de los edificios y el área en función de la leyenda respectivamente, excepto en el mapa de irradiación global anual, que por falta de espacio solo incluye una. Estas gráficas se han elaborado a partir de los datos resultantes del modelo y dan una imagen global de cada una de las tecnologías fotovoltaicas para el núcleo urbano de Miraflores de la Sierra.

Como fondo para el mapa se han usado dos tipos de imágenes: La primera, que enmarca la zona de estudio se corresponde con la Ortofotografía 509 del PNOA, obtenida del Instituto Geográfico Nacional, y la segunda, que sirve de fondo para todos los elementos del mapa, es una superposición del MDE 25x25 del IGN con una capa "hillshade" generada a partir del mismo MDE. Ambas imágenes consiguen destacar la zona de interés, pero a la vez mantener la cohesión del mapa, dando cierta información sobre el relieve de la zona, sin desviar la atención del objetivo principal del mapa.

El resto de elementos incluidos en la cartografía son:

- Leyenda con un pequeño texto explicativo.
- Fuentes cartográficas del mapa.
- Mapa de situación geográfica de la zona de estudio.
- Título y subtítulo.
- Logotipo del organismo en el que se desarrolla el proyecto.
- Norte magnético y escalas gráfica y numérica.

Se han generado un total de once mapas, cinco correspondientes a la energía generada y otros cinco a la potencia instalada, relativos a cada una de las tecnologías incluidas en el modelo y un mapa relativo a la irradiación solar anual.

La cartografía generada para el municipio de Miraflores de la Sierra será incluida en el anexo I.

8. VISORES

8.1. Plataformas de publicación de visores

Existen numerosas plataformas para publicar datos geográficos en internet: Desde mapas embebidos en páginas web hasta portales específicos de información geográfica publicada a través de visores u otros métodos, conocidos como geoportales.

A la hora de crear un visor cartográfico online podemos contar con multitud de plataformas que nos permiten realizar y alojar dicho visor. En nuestro caso vamos a usar ArcGIS Online de ESRI.

ArcGIS Online es una plataforma que permite a usuarios y organizaciones crear, compartir, alojar y visualizar datos geográficos. También posibilita la creación de aplicaciones y visores que proporcionen un acceso cómodo y eficaz a la información (26).

8.2. Ventajas y limitaciones de los visores

Las ventajas del uso de visores para la publicación de información geográfica online son evidentes: Se trata de una forma eficaz de divulgar datos en internet sin que sea necesario un conocimiento técnico por parte del usuario, el cual puede navegar y obtener la información necesaria de forma sencilla y rápida. Al estar alojado en la nube tampoco requiere por parte de los usuarios un software o hardware específico para su uso y está permanentemente disponible a través de internet.

A su vez, las limitaciones afectan sobre todo al proceso de creación y tratamiento de datos. La mayor parte de las limitaciones no son atribuibles a todos los visores, ya que dependen de la plataforma que se utilice para su creación. Sin embargo, hay una restricción común a toda la información alojada en la nube: Aunque exista una capacidad de almacenamiento muy elevada, un mayor volumen de datos dificultará la navegación por el visor en la mayoría de los ordenadores, haciéndolo tedioso para el usuario. Por lo tanto es necesario representar exclusivamente los datos necesarios, evitando sobrecargar el visor.

En el caso de ArcGIS Online, para evitar una carga de datos excesiva del visor, limita la cantidad de información y el formato con el que se suben. La información geográfica solo puede ser cargada en formato vectorial y con un número máximo de 1000 entidades.

La capacidad de análisis, tratamiento y representación de datos de ArcGIS Online está condicionada por la ausencia de software específico y, por lo tanto, es inferior.

8.3. Creación del visor

8.3.1. Tratamiento de datos

El primer paso a la hora de crear el visor es adaptar los datos resultantes del modelo para que encajen con las condiciones de la plataforma. Como ArcGIS Online no deja cargar capas en formato *ráster*, solo podemos trabajar en vectorial.

El primer problema con el que nos encontramos es el siguiente:

La plataforma limita el número de entidades de las capas vectoriales a 1000, el cual es significativamente inferior a las 2489 entidades presentes en nuestra zona de estudio.

(0 out of 2849 Selected)

Figura 33. Entidades de la zona de estudio.

La solución evidente es dividir el área de estudio en cuadrantes que alberguen cada uno 1000 entidades o menos. Para ello, utilizando ArcMAP, cargamos la capa del área de estudio con una transparencia del 50% que nos permitirá ver a través de ella la Ortofotografía del municipio. Dicha ortofotografía nos servirá como guía, evitando que dividamos los cuadrantes seccionando edificios, lo cual traería complicaciones a posteriori.

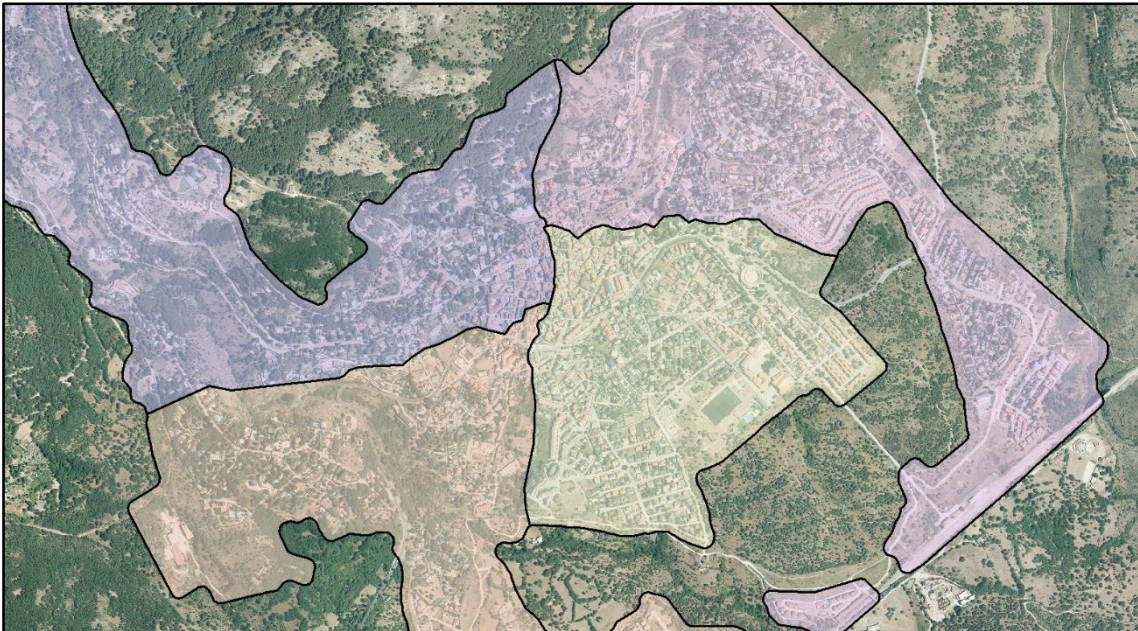


Figura 34. División en cuadrantes del área de estudio.

Obtenidos los distintos cuadrantes (NE, NO, SE y SO), podemos utilizarlos como molde para recortar la capa con las parcelas catastrales. Para ello usamos la herramienta *CLIP*.

Las capas resultantes presentan un número de entidades inferior a 1000, por lo cual pueden ser cargadas en *ArcGIS Online*.

- Parcelas catastrales NE: 819 entidades.
- Parcelas catastrales NO: 413 entidades.
- Parcelas catastrales SE: 962 entidades.
- Parcelas catastrales SO: 658 entidades.

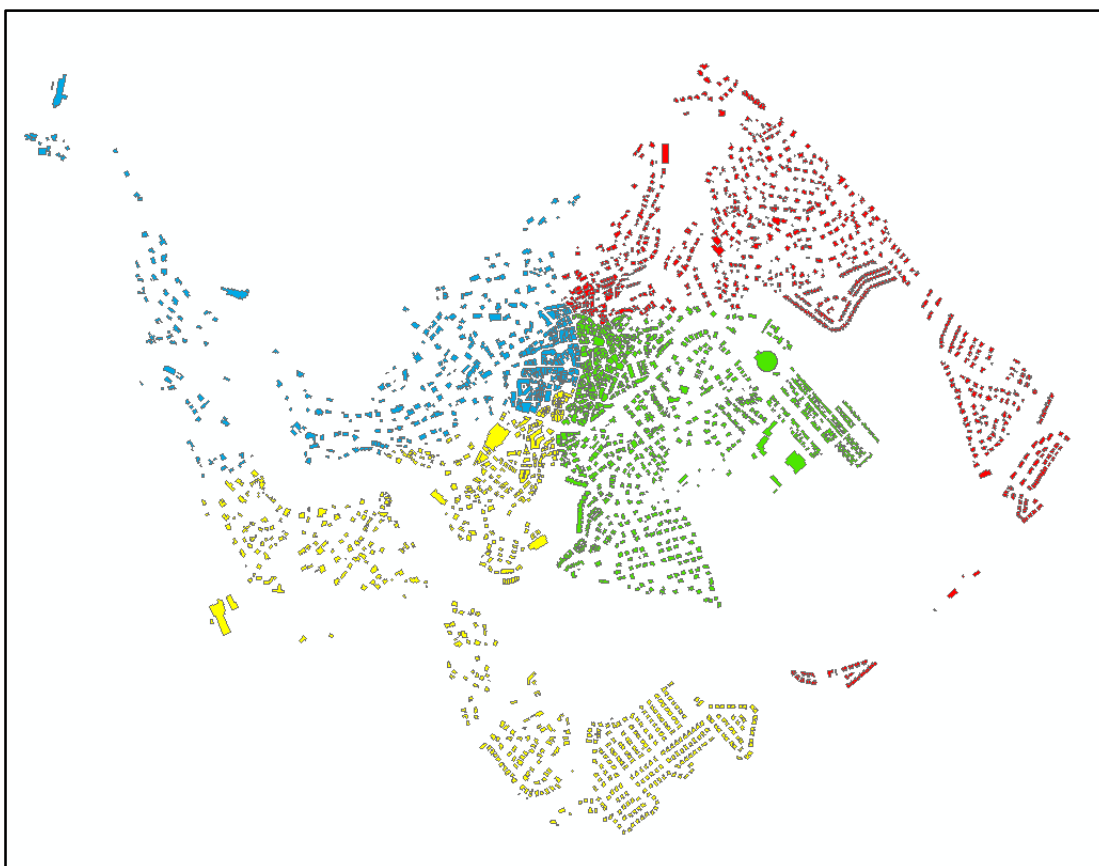


Figura 35. División en cuadrantes de las parcelas catastrales.

Una vez tenemos los cuadrantes de parcelas catastrales con los datos relativos a cada uno de los edificios nos disponemos a cargar las capas representativas de la Irradiación Anual Global y Energía generada mediante paneles de Silicio Monocristalino.

Ahora nos encontramos con un inconveniente mayor: Igual que en el caso anterior, ambas capas tienen más de 1000 entidades. La primera solución es repetir los pasos anteriores, hasta conseguir 8 capas (4 por cada original) con menos de 1000 entidades. Sin embargo, al realizar esto estamos cargando en nuestro visor 12 capas con un total de 8547 entidades. Esta gran cantidad de información sin duda ralentizará el visor haciendo la navegación muy pesada.

La finalidad de ambas capas es meramente representativa, muestran una gama de colores en función de los datos de cada edificio para un parámetro específico. Esto hace que podamos reducir aún más el número de entidades y conseguir mayor fluidez para nuestro visor.

Para ello, editando la tabla de atributos, establecemos una serie de valores en función de los rangos que utilizamos para crear la cartografía.

Potencia TeCd	Potencia Si Amorfo	Energia Si Mono	Energia Si Multi	Energia CIS	Energia TeCd	Energia Si Amorfo	Superficie Edificio	Shape Length	Shape Area	Rangos
1.85	0.4	1312.256	1230.24	592.176	861.168	492.096	272.5919	68.833792	272.59195	1
3.255	1.98	4325.888	4055.52	2974.048	2638.864	1622.208	63.34339	44.166366	63.343386	1
5.355	3.06	7528.832	7058.28	5176.072	4640.796	2823.312	155.6917	72.437671	155.691645	2
1.155	0.66	1481.728	1389.12	1018.688	972.384	555.648	92.9135	43.719845	92.9135	1
48.3	27.6	69436.77	65096.04	47737.1	45587.23	26038.42	1334.32	404.765465	1324.318737	4
87.295	48.66	121702.9	114066.5	83970.75	79867.53	45638.59	2237.149	348.959338	2237.148865	5
1.785	1.02	2435.584	2283.36	1674.464	1598.352	913.344	66.63505	36.974557	66.63505	1
0.735	0.42	1049.856	984.2401	721.776	688.968	393.696	33.98539	23.571076	33.98539	1
1.155	0.66	1694.08	1588.2	1164.68	1111.74	635.28	66.25245	34.690009	66.25245	1
1.155	0.66	1591.886	1482.84	1087.416	1037.968	593.136	174.2692	84.317131	174.269163	1
0.21	0.12	302.592	283.66	208.032	198.576	113.472	106.2538	92.888941	106.253803	1
3.465	1.98	4766.464	4468.56	3276.944	3127.992	1787.424	170.8694	107.481694	170.8694	2
0	0	0	0	0	0	0	47.8621	27.867403	47.8621	1
0.84	0.48	1204.066	1128.84	827.816	790.188	451.536	137.7872	69.421963	137.787215	1
5.88	3.36	8543.488	8099.521	5873.648	5606.664	3203.808	134.4683	75.086558	134.46829	2
9.134999	5.22	13045.89	12230.52	8969.048	8561.364	4892.208	224.2669	93.510488	224.266855	3
4.62	2.64	6345.856	5949.24	4362.776	4164.468	2378.696	127.4844	55.329205	127.48435	2
0.21	0.12	307.456	288.24	211.376	201.768	115.296	20.68533	20.39897	20.585333	1
7.455	4.26	10976.51	10290.48	7546.352	7203.336	4116.192	137.7743	54.962712	137.774318	2
0	0	0	0	0	0	0	182.2715	69.776077	182.2715	1
0	0	0	0	0	0	0	21.43942	18.80823	21.439425	1
2.825	1.5	3510.912	3291.48	2413.752	2304.036	1316.592	187.194	78.892235	187.19405	1
0	0	0	0	0	0	0	66.12156	33.480653	66.12156	1
3.57	2.04	4773.832	4475.28	3281.872	3132.696	1790.112	138.0562	53.385174	138.05615	2
3.15	1.8	4631.168	4341.72	3183.928	3039.204	1736.688	103.3632	40.750473	103.3632	2
1.147	0.64	2131.456	1998.24	1465.376	1398.768	799.296	110.9391	42.177123	110.93915	1
6.72	3.84	9856.512	9240.48	6776.352	6468.336	3696.192	156.0595	53.600717	156.0595	2
0	0	0	0	0	0	0	144.1093	82.547963	144.1093	1
15.845	8.94	23366.53	21906.12	16084.49	15334.28	8762.448	785.8074	198.255842	785.80743	3
10.29	5.88	14441.47	13538.88	9928.512	9477.216	5415.552	248.9599	92.481113	248.95985	3
7.56	4.32	11428.35	10714.08	7856.992	7499.856	4288.632	216.9995	78.35107	216.9995	2
3.045	1.74	4109.952	3853.08	2825.592	2697.156	1541.232	189.1268	81.012359	189.12675	1
3.57	2.04	5051.904	4736.16	3473.184	3315.312	1894.464	234.727	83.650681	234.72701	2
0.21	0.12	281.376	245.04	179.896	171.528	98.016	180.4037	56.750691	180.4037	1
0	0	0	0	0	0	0	107.0615	61.376208	107.0615	1
6.195	3.54	8594.944	8057.76	5909.024	5640.432	3223.104	415.4378	126.300201	415.437808	2
3.15	1.8	4099.712	3843.46	2818.552	2690.436	1537.392	344.4117	98.119113	344.4117	1
0.21	0.12	240.64	225.6	165.44	157.92	80.24001	139.3815	55.144432	139.3815	1
3.675	2.1	5173.376	4850.04	3556.696	3395.028	1940.016	161.232	58.742247	161.232	2
0	0	0	0	0	0	0	125.0459	47.918386	125.04585	1
0	0	0	0	0	0	0	123.6729	51.837114	123.6729	1
4.395	2.46	6061.568	5682.72	4167.328	3977.904	2273.088	285.7062	97.707602	285.7062	2

Figura 36. Tabla de atributos con los valores establecidos.

Ahora podemos establecer el nuevo campo creado en la tabla de atributos como campo clave para usar la herramienta *DISSOLVE*, la cual eliminará la totalidad de entidades, dejando solo una cantidad igual al número de rangos establecidos anteriormente. Realizamos este proceso para ambas capas (Irradiación solar global anual y Energía generada con Silicio Monocristalino).

FID	Shape *	E_SiMono5
0	Polygon	Alto
1	Polygon	Bajo
2	Polygon	Moderado
3	Polygon	Muy alto
4	Polygon	Muy bajo

(0 out of 5 Selected)

Figuras 37 y 38. Tabla de atributos de la capa resultado del *DISSOLVE*.

Hemos pasado de tener 5698 entidades entre las dos capas a tener 10. Aunque estas entidades abarcan la misma superficie, la cantidad de información relativa a las mismas es casi nula. Al no poseer información para cada edificio el peso de estas capas se reduce considerablemente, haciendo posible su inclusión en el visor.

La última capa a añadir al visor incluye los edificios singulares del municipio de Miraflores de la Sierra, la cual dará cierta información de los mismos, aparte de ubicarlos en el núcleo urbano.

Por lo tanto, las capas incluidas dentro del visor son:

- Edificios singulares.
- Energía generada con Silicio Monocristalino.
- Irradiación solar global anual.
- Parcelas catastrales NE.
- Parcelas catastrales NO.
- Parcelas catastrales SE.
- Parcelas catastrales SO.
- Mapa base.

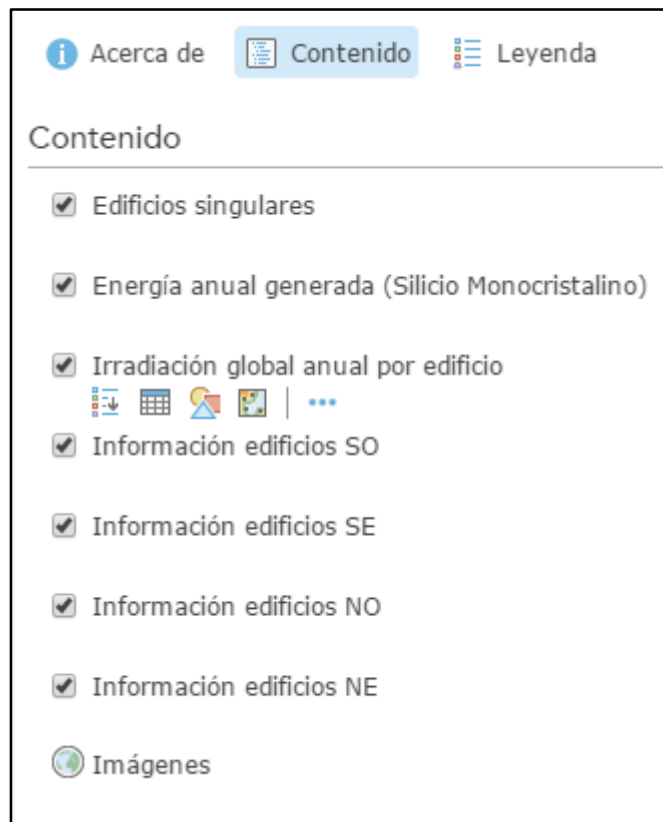


Figura 39. Capas cargadas en ArcGIS Online.

8.3.2. Creación de un Web map con ArcGIS Online

Una vez realizado el tratamiento de los datos y cargado todas las capas que vamos a utilizar en *ArcGIS Online*, podemos empezar a trabajar sobre las mismas dentro de la plataforma. En este paso trabajaremos sobre los aspectos estéticos y funcionales del visor.

8.3.2.1. Mapa base

El primer paso será elegir el mapa base por defecto para nuestro visor, aunque posteriormente se añadirán elementos que permitan al usuario elegir el que más le interese.

Para mantener una coherencia con la cartografía realizada, elegiremos de entre los mapas base disponibles una imagen de satélite perteneciente al Instituto Geográfico Nacional, que se encuentra disponible en *ArcGIS Online*.

Dicha base será representada por defecto en nuestro visor, cargando sobre ella el resto de capas de información.

8.3.2.2. Edificios singulares

La capa de edificios singulares está compuesta por una serie de puntos ubicados cada uno en los respectivos emplazamientos de los edificios de carácter histórico y/o cultural del municipio de Miraflores de la Sierra. Tales edificios, como bien se explicó anteriormente, no se han tenido en cuenta a la hora de realizar el estudio de potencial fotovoltaico. La función de la capa dentro del visor es aportar información adicional al usuario, permitiéndole conocer parte del patrimonio histórico del municipio.

Para la representación se han utilizado iconos que resalten sobre el resto de elementos, así como ventanas emergentes las cuales se activan al pinchar sobre los distintos elementos. La ventana emergente se compone de una imagen del edificio, el nombre, la dirección y un enlace a una página externa con información adicional sobre el municipio.

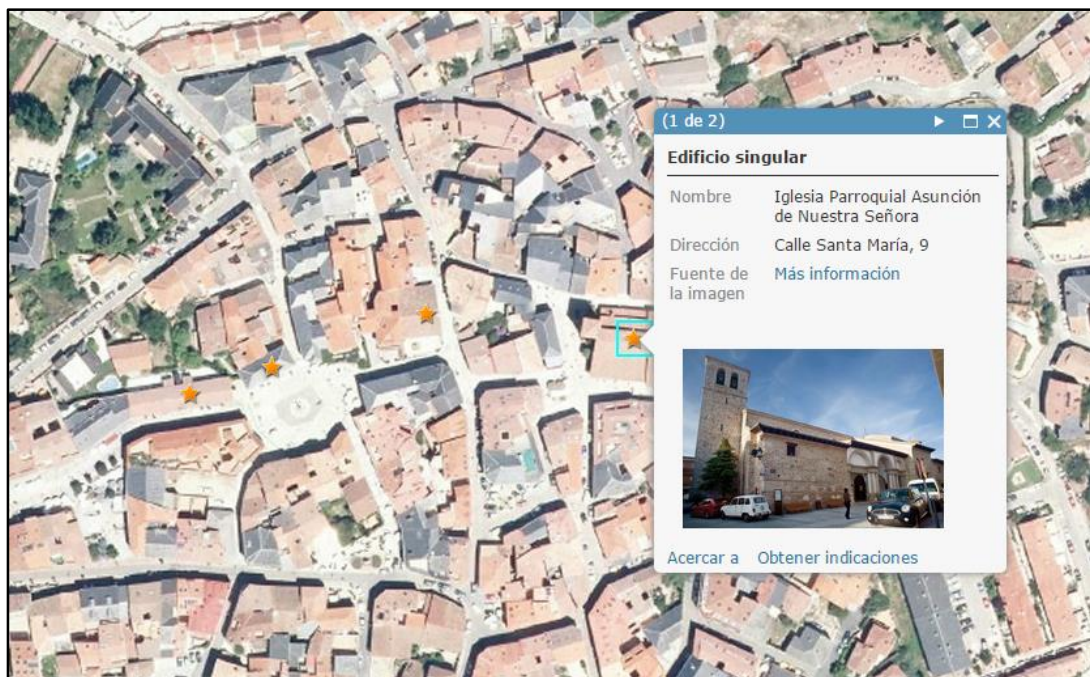


Figura 40. Ventana emergente de edificio singular.

8.3.2.3. Energía anual generada con Silicio Monocristalino

Como se explicó anteriormente, la capa que representa la energía generada mediante módulos de Silicio Monocristalino está dividida en cinco valores en función de los rangos propuestos para la cartografía. Estos rangos son:

- Muy alto (115.000 – 270.000 kWh/año).
- Alto (35.000 – 115.000 kWh/año).
- Moderado (15.000 – 35.000 kWh/año).
- Bajo (4.500 – 15.000 kWh/año).
- Muy bajo (< 4.500 kWh/año).

Para representar los rangos usaremos la misma gama de color que se ha usado en la cartografía. También se edita la leyenda para que identifique los rangos establecidos.

8.3.2.4. Irradiación global anual por edificio

En este caso de nuevo tenemos una capa dividida en valores en función de los rangos, por lo tanto el procedimiento es el mismo. Los rangos son los siguientes:

- Muy alto (> 1.000.000 kWh/año)
- Alto (500.000 – 1.000.000 kWh/año)
- Moderado (200.000 – 500.000 kWh/año)
- Bajo (100.000 – 200.000 kWh/año)
- Muy bajo (< 100.000 kWh/año)

Las leyendas en ambas capas tienen el siguiente resultado:



Figura 41. Leyenda de las capas en ArcGIS Online.

8.3.2.5. Información sobre los edificios

Las capas restantes de nuestro visor se corresponden a los cuadrantes que contienen información sobre los edificios. Dichas capas contienen gran cantidad de información sobre cada una de las parcelas catastrales. Usaremos la información para generar ventanas emergentes, permitiendo al usuario obtener información numérica y gráfica de edificios en concreto.

En la ventana emergente incluiremos información sobre la superficie total de tejado y la superficie disponible para la instalación de módulos fotovoltaicos. También añade una clasificación según los rangos establecidos de: Irradiación global anual recibida, energía generada por edificio en función de la tecnología, potencia instalada por edificio en función de la tecnología y relación energía/superficie total de tejado en función de la tecnología.

Además se ha añadido un gráfico circular que representa el porcentaje de tejado disponible del edificio sobre el total.

Los rangos establecidos para la relación energía/superficie por edificio son:

- Muy alto (> 60 kWh/m²)
- Alto (45 – 60 kWh/m²)
- Moderado (30 – 45 kWh/m²)
- Bajo (15 – 30 kWh/m²)
- Muy bajo (< 15 kWh/m²)

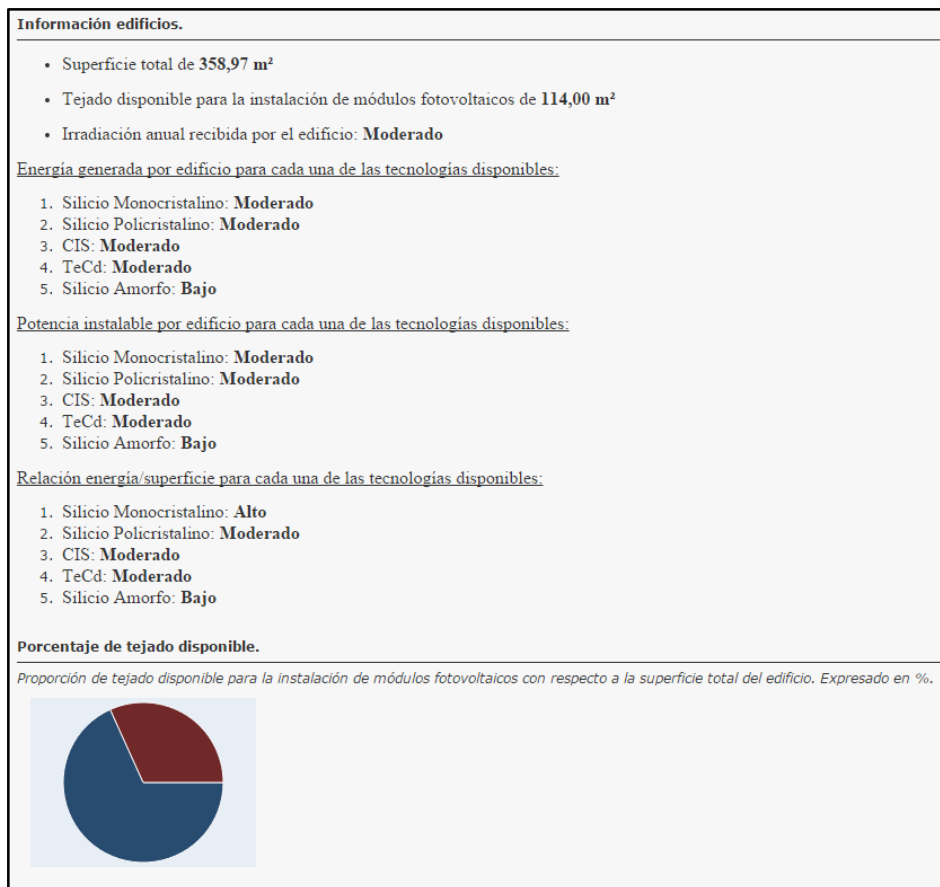


Figura 42. Ventana emergente de información sobre los edificios.

Debido a la gran cantidad de información que contiene si tenemos en cuenta todos los edificios del municipio y, para evitar que se ralentice la navegación por el visor, solo es posible activar las ventanas emergentes haciendo zoom sobre los edificios que nos interesan. Esto permite que el usuario se pueda mover por el municipio de forma fluida y cuando necesite acceder a la información relativa a un edificio sólo tenga que hacer zoom sobre él.

8.3.3. Desarrollo del visor con *AppBuilder*

El desarrollo del visor se ha realizado con la aplicación *Web AppBuilder for ArcGIS*. Trabajar con esta aplicación nos ha permitido configurar distintas herramientas que dotan al visor de una mayor interactividad, configurar la apariencia final y exportar el resultado final para ser visualizado tanto en ordenadores como en dispositivos móviles.

Para desarrollar el visor con *Web AppBuilder* es necesario haber realizado antes un mapa web con *ArcGIS Online*, dado que no se podrán editar las capas cargadas ni los elementos representados en las mismas.

El trabajo con la aplicación se divide en dos partes:

La creación del entorno visual, determinando la disposición y apariencia de los distintos elementos que conforman el visor y la implementación de herramientas para mejorar la navegación y la capacidad de interactuar con las capas.

A la hora de configurar la parte estética del visor sólo se ha limitado a configurar los elementos presentes en la pantalla mediante las distintas opciones que nos ofrece *ArcGIS Online*. Para ello se ha escogido el tema principal del visor, así como el color y la disposición general de las diferentes herramientas o aplicaciones.

El objetivo principal para escoger el tema ha sido evitar posibles distracciones por parte del usuario debido a una interfaz sobrecargada o difícil de entender, por lo tanto se ha intentado escoger un tema sencillo y que no destaque mucho sobre la información representada.

A parte del tema general del visor, se ha incluido el logotipo del CIEMAT, organismo en el que se desarrolla el proyecto, el título del proyecto y el municipio para el que se desarrolla el estudio.

Se han implementado una serie de herramientas que mejoran la experiencia del usuario y aportan facilidades para la visualización de la información.

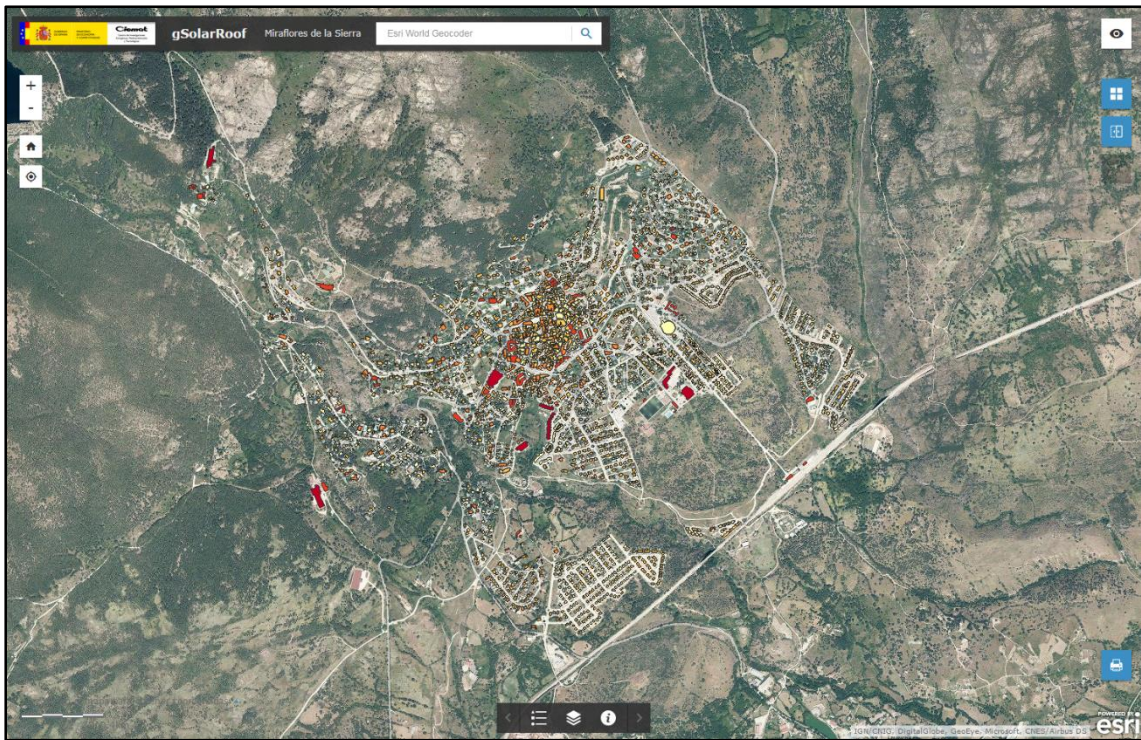
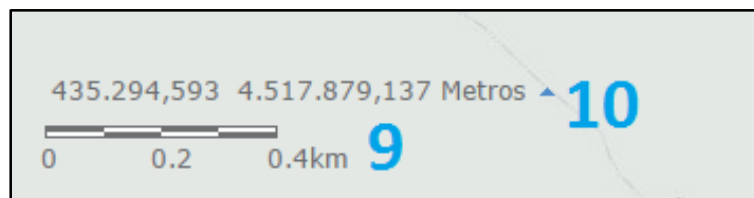
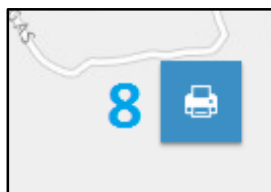
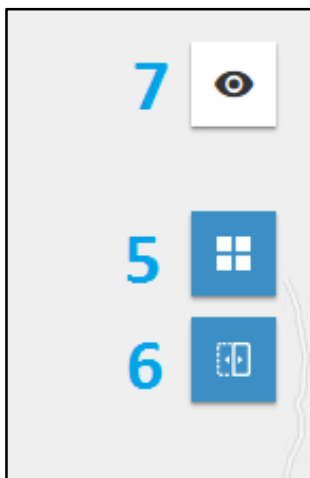
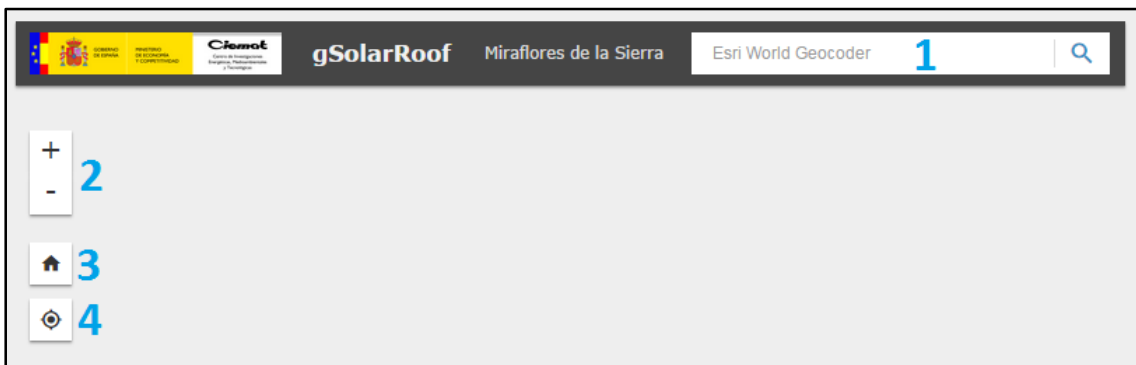


Figura 43. Vista general del visor.



Figuras 44, 45, 46 y 47. Detalle de las distintas herramientas o elementos implementados en el visor.

1. Buscador de direcciones: Permite introducir direcciones a través del buscador, redirigiendo la vista actual hacia la zona introducida.
2. Control del zoom: Se puede aumentar o disminuir el zoom sobre cualquier punto del mapa.
3. Botón de inicio: Permite al usuario volver a la vista inicial del mapa.
4. Ubicación: Si el dispositivo desde el que accede al portal tiene GPS puede activar dicha herramienta para desplazar la vista hasta su ubicación.
5. Galería de mapas base: Permite al usuario elegir el mapa base del visor dentro de la galería de *ArcGIS Online*.
6. *Swipe*: Facilita la visualización de dos capas de información al mismo tiempo. Genera una barra deslizante horizontal que divide la vista en dos partes, cada una representa una capa de información distinta. Deslizando la barra podemos decidir la extensión de cada una de las partes.
7. Mapa de localización: Representa una zona de mayor extensión en la que se incluye la vista actual, permitiendo conocer en qué punto del municipio se encuentra la vista.
8. Imprimir mapa: Permite crear un PDF de la vista en la que se encuentra el usuario.
9. Escala gráfica: Fundamental en toda cartografía. Numerada en el sistema métrico internacional.
10. Coordenadas: Representan en todo momento las coordenadas donde se encuentra el puntero del ratón. Establecidas en el sistema de coordenadas ETRS89 UTM Zone 30N.

Además de las herramientas se han añadido una serie de iconos desplegable que contienen las leyendas relativas a las capas visibles, los rangos de cada una de las características que se muestran en las ventanas emergentes y el listado de capas de capas cargadas en el visor para que el usuario pueda elegir que capas estén visibles en cada momento.

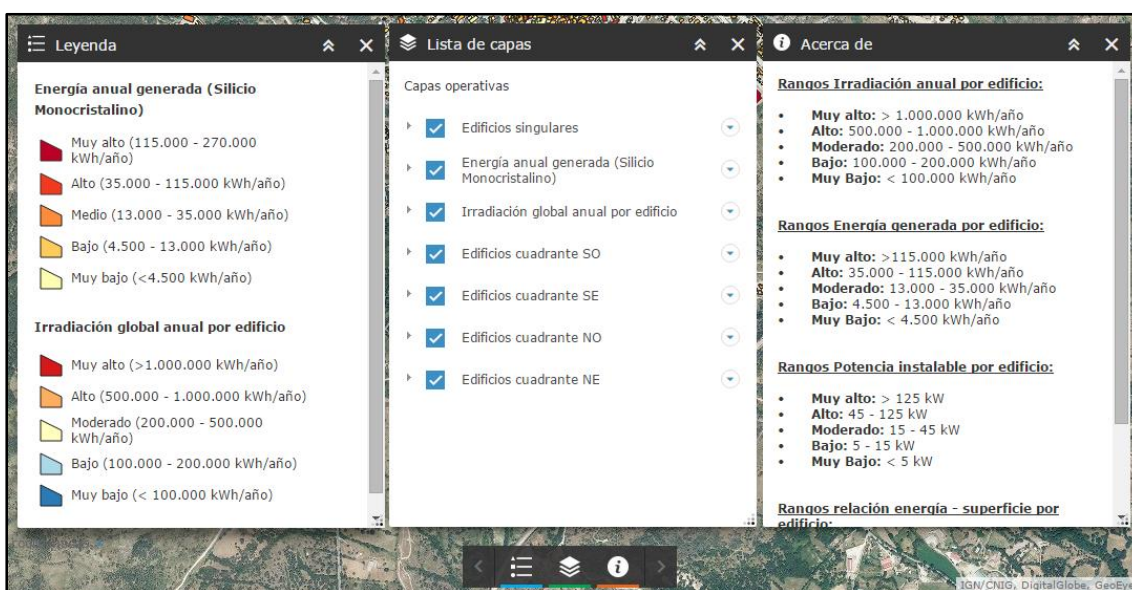


Figura 48. Información incluida en los iconos desplegable.

8.4. Resultados visor

Como resultado obtenemos un visor que muestra gran parte de la información generada por el modelo para el municipio de Miraflores de la Sierra. Se ha intentado que la interfaz sea rápida de comprender e intuitiva y que, sin embargo, permita cierta interactividad con el usuario, dotándola de mayor profundidad. Se han tomado como ejemplo los visores analizados en el apartado 6.0.2. Ejemplos de cartografía y visores en otros casos. Tras el análisis se sus ventajas e inconvenientes se han usado los resultados para establecer los objetivos del visor: Debe de ser sencillo y fácil de entender a simple vista, sin imágenes o ventanas que obstaculicen la visión de la información principal, por lo tanto, es muy importante el uso de ventanas emergentes o desplegables para la información adicional, debe presentar herramientas o aplicaciones que permitan al usuario interactuar con la información representada, tanto obtener información comparada a escala de todo el municipio como conocer características en detalle de su zona o edificio de interés. Por supuesto ha de representar los elementos básicos de un mapa: Título, leyenda, escala gráfica y numérica y mapa de situación. El norte magnético no ha sido posible introducirlo debido a las limitaciones de la plataforma.

El visor es público, de libre acceso para todos los usuarios y entidades que deseen consultar la información y utilizarla para resolución de problemas, toma de decisiones, o por el mismo hecho de conocer el potencial fotovoltaico del municipio.

Es posible acceder a través del siguiente enlace:

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

Tanto el visor como la información plasmada, la cartografía y todo material derivado del mismo está sujeto a licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (27).



Dicha licencia permite a los usuarios utilizar tanto el visor como la información derivada siempre que se atribuya la autoría del mismo a los autores originales, que no se use con fines comerciales y que se comparta de la misma forma en la que el visor original fue compartido.

9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez realizado el trabajo se proponen unas líneas futuras de investigación a partir del mismo:

- Revisar y mejorar el modelo creado por Alvise Verso (4) para poder ejecutarlo en todo el municipio. La mejora de dicho modelo conllevará su posible uso en otras localidades a partir de la información LIDAR y posición solar pertinente.
- Modificar los parámetros del modelo para obtener datos cada vez más exactos, estimando el potencial fotovoltaico de cualquier entorno urbano con gran precisión.
- Realizar estudios de potencial fotovoltaico para zonas de mayor extensión, bien áreas metropolitanas o bien estudios comarcales sobre varios municipios de menor tamaño.
- Integración de factores económicos que permitan al usuario final conocer el coste de la instalación y el ahorro futuro.

10. REFERENCIAS

1. Página Web perteneciente al Joint Research Centre de la Comisión Europea:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/countries-europe.htm>
2. Angelidou, M. 2014. Smart city policies: A spatial approach. Aristotle University of Thessaloniki.
3. Martín Ávila, Ana M. 2014. Modelo geográfico para la estimación del potencial fotovoltaico en tejados. Caso de estudio: Miraflores de la Sierra. Trabajo Fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid.
4. Verso, A. 2014. GIS-Based Method to Evaluate the Photovoltaic Potential in the Urban Enviroments: The Particular Case of Miraflores de la Sierra. Informes Técnicos Ciemat.
5. García García, E. 2012. Sobre el concepto de “Big Data”. Boletín CNIS N°8
6. Página Web perteneciente al CETA-CIEMAT: <http://www.ceta-ciemat.es/infraestructuras/supercomputaci%C3%B3n-hpc/cluster-computaci%C3%B3n-gppu.html>
7. Página Web perteneciente al centro de recursos de ArcGIS:
<http://help.arcgis.com/ES/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//00vq0000009010240>
8. <http://lisboaenova.org/cartasolarlisboa>
9. <http://sitmappe.comune.bologna.it/BolognaSolarCity/>
10. <http://capgeo.sig.paris.fr/Apps/CadastreSolaire/>
11. <http://geo.osnabrueck.de/solar/>
12. <http://geo.gkd-el.de/website/solar/viewer.htm>
13. <http://www.bristol.gov.uk/page/environment/solar-energy>
14. <http://www.businesslocationcenter.de/wab/maps/solaratlas/>
15. <http://sd.solarmap.org/>

16. <http://solarmap.lacounty.gov/>
17. <http://www.nycsolarmap.com/>
18. <http://sfenergymap.org/>
19. <http://www.mapdwell.com/es>
20. <http://www.zonnescanbrabant.nl/>
21. <http://www.solare-stadt.de/zgb/SolarDachAtlas>
22. <http://www.zonatlas.nl/home/>
23. <http://ajuntament.barcelona.cat/autosuficiencia/es/webapp.php>
24. Broden D. Dent. 1991. Cartography Thematic Map Design. 5th ed. Boston: WCB/McGraw-Hill Company, Inc.
25. Aldana, Angnes T.; Flores R. Ernesto. 2000. Diagramación de mapas temáticos. Geenseñanza, vol. 5, núm 1, pp. 95-122. Universidad de los Andes, San Cristobal, Venezuela.
26. Página Web perteneciente a ArcGIS Online: <http://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/reference/what-is-ago.html>
27. Página Web perteneciente a Creative Commons: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

11. ANEXO I. MAPAS TEMÁTICOS

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

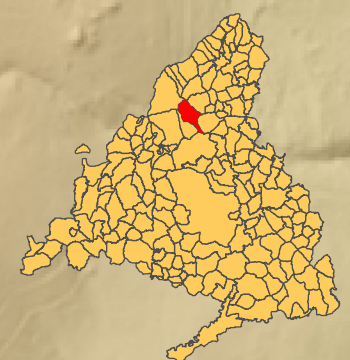
Miraflores de la Sierra

Irradiación solar global anual

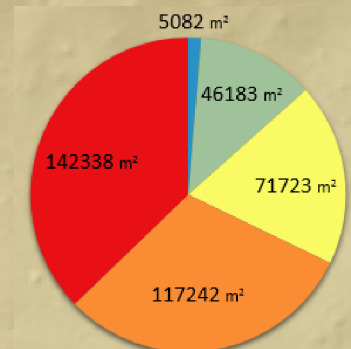
Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra

Proyecto gSolarRoof

Comunidad de Madrid

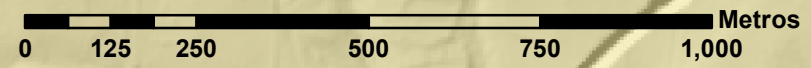


Distribución de la superficie de tejado en función de la irradiación solar global recibida según la leyenda



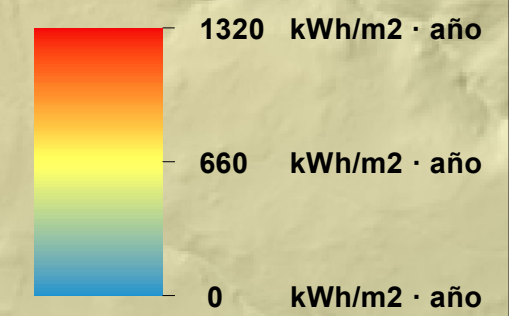
Fuentes

- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.
- Valores de radiación. Radiation Analyst ArcGIS (2)
- (1) <http://www.adrase.es/>
- (2) <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009z000000t5000000>



1:11,000

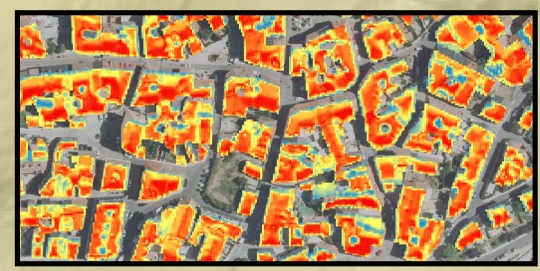
Irradiación solar global anual horizontal por m²



kWh/m² · año = Total de energía recibida por metro cuadrado durante un periodo de un año

Los valores de este modelo sólo toman en consideración la latitud y el relieve. La aplicación de otras fuentes, como el portal ADRASE (1), da unos resultados más favorables, si bien estos modelos no tienen tanta resolución espacial.

Centro urbano



Zona residencial



Autor: Alberto Berdugo Zamora

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

Miraflores de la Sierra

Energía generada: Silicio Monocristalino

Núcleo urbano de
Miraflores de la Sierra.

Proyecto gSolarRoof

40°49'0"N

40°49'0"N

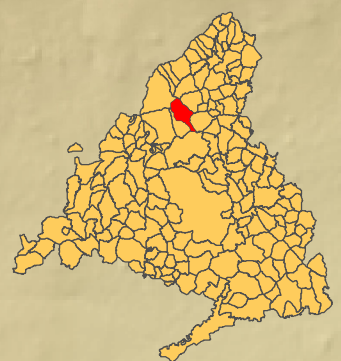
40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

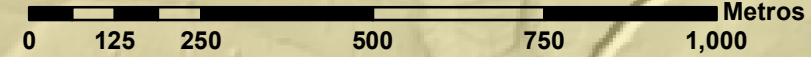
40°48'0"N

Comunidad de Madrid



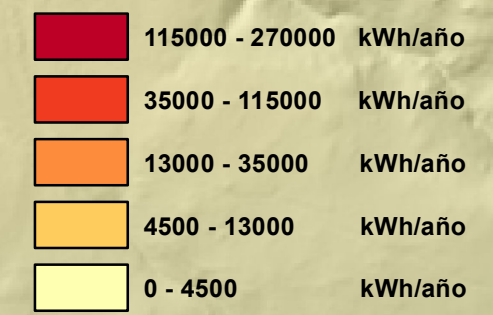
Fuentes

- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.



1:11,000

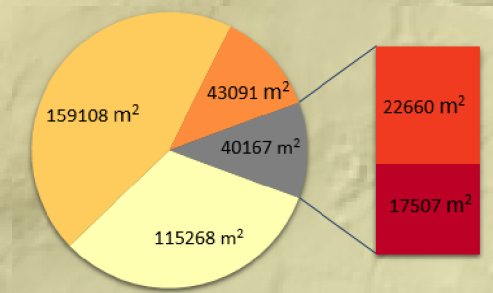
Energía generada por edificio



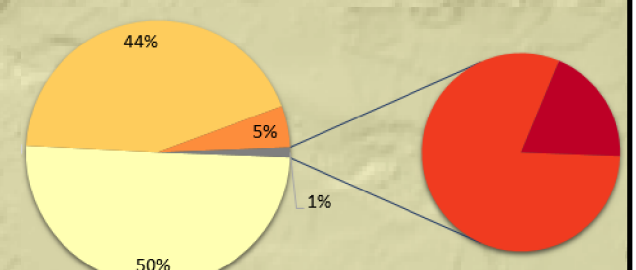
kWh/año = Producción energética durante una hora expresada para todo un año.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Distribución de la superficie de tejado en función de la energía generada según la leyenda



Distribución de los edificios en función de la energía generada según la leyenda



Autor: Alberto Berdugo Zamora

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

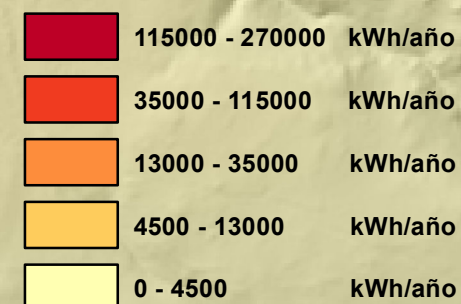
Miraflores de la Sierra

Energía generada: Silicio Multicristalino

Núcleo urbano de
Miraflores de la Sierra.

Proyecto gSolarRoof

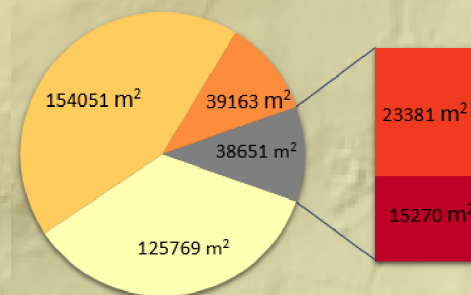
Energía generada por edificio



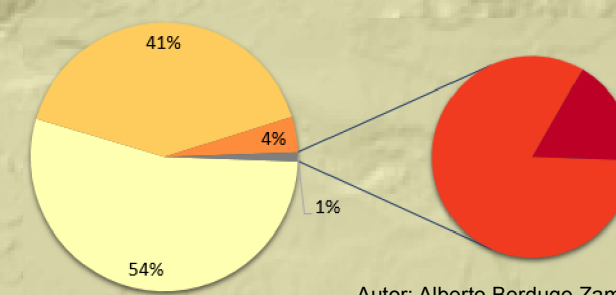
kWh/año = Producción energética durante una hora expresada para todo un año.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Distribución de la superficie de tejado en función de la energía generada según la leyenda

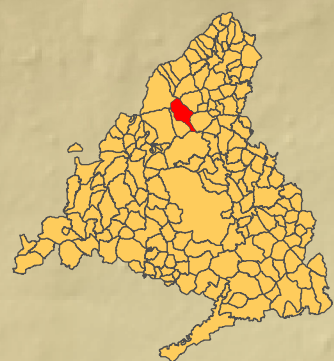


Distribución de los edificios en función de la energía generada según la leyenda



Autor: Alberto Berdugo Zamora

Comunidad de Madrid

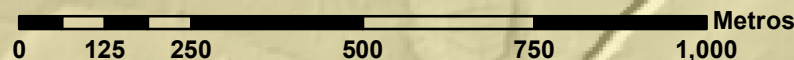


Fuentes

- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.

N

1:11,000



3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

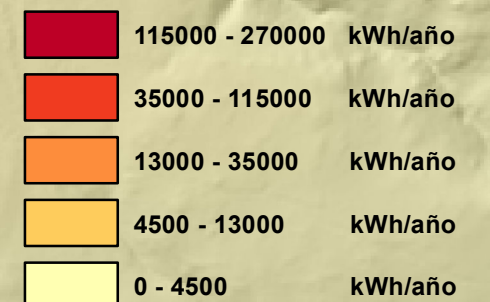
Miraflores de la Sierra

Energía generada: CIS

Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra.

Proyecto gSolarRoof

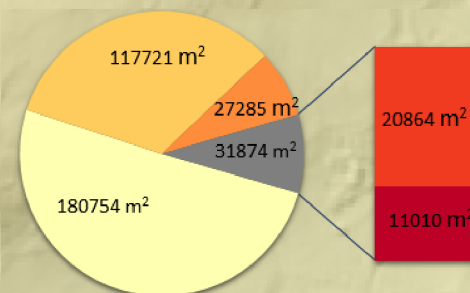
Energía generada por edificio



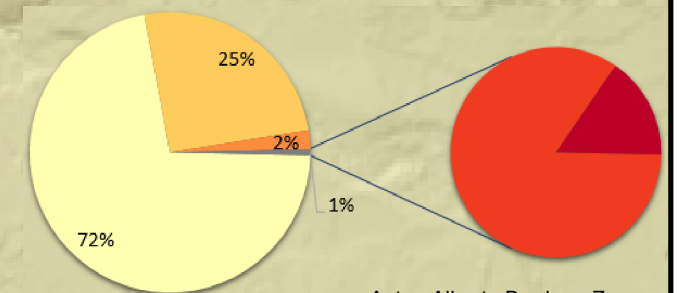
kWh/año = Producción energética durante una hora expresada para todo un año.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Distribución de la superficie de tejado en función de la energía generada según la leyenda

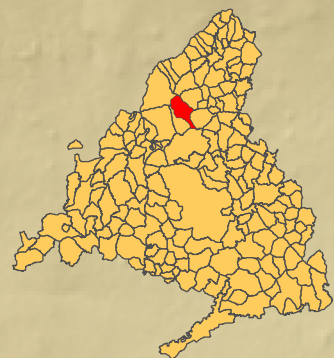


Distribución de los edificios en función de la energía generada según la leyenda



Autor: Alberto Berdugo Zamora

Comunidad de Madrid



Fuentes

- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.

0 125 250 500 750 1,000 Metros



3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

40°49'0"N
40°48'30"N
40°48'0"N

40°49'0"N
40°48'30"N
40°48'0"N

Miraflores de la Sierra

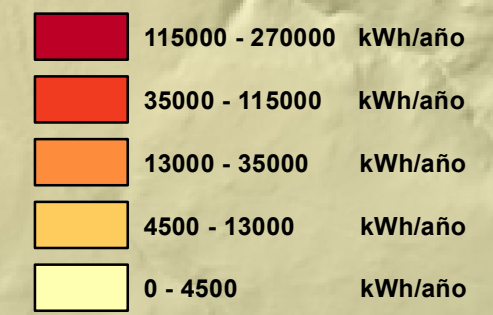
Energía generada: TeCd

Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra.

Proyecto gSolarRoof



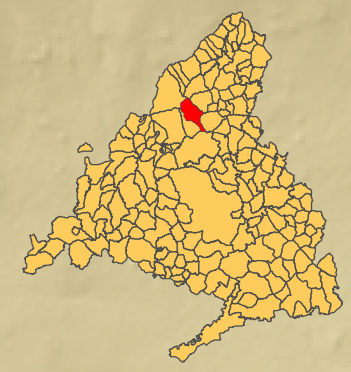
Energía generada por edificio



kWh/año = Producción energética durante una hora expresada para todo un año.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Comunidad de Madrid

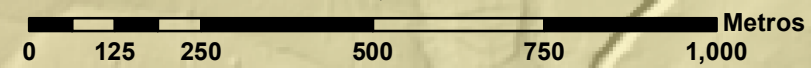


Fuentes

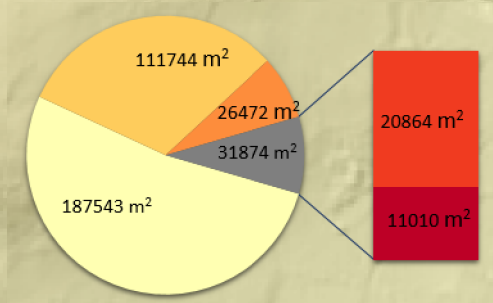
- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.



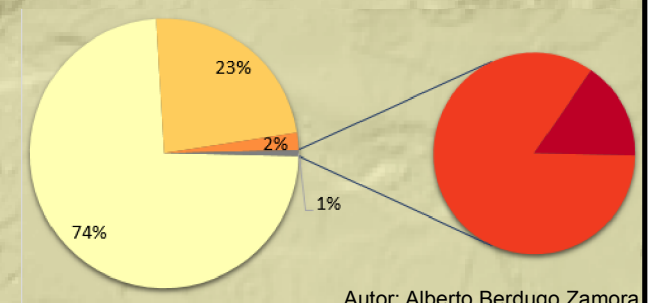
1:11,000



Distribución de la superficie de tejado en función de la energía generada según la leyenda



Distribución de los edificios en función de la energía generada según la leyenda



Autor: Alberto Berdugo Zamora

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

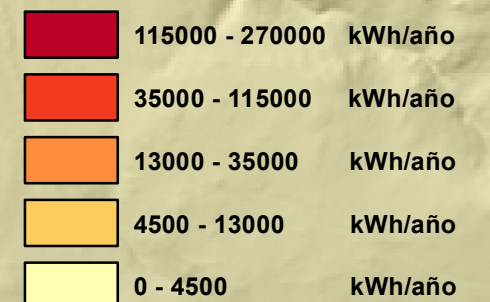
Miraflores de la Sierra

Energía generada: Silicio Amorfo

Núcleo urbano de
Miraflores de la Sierra.

Proyecto gSolarRoof

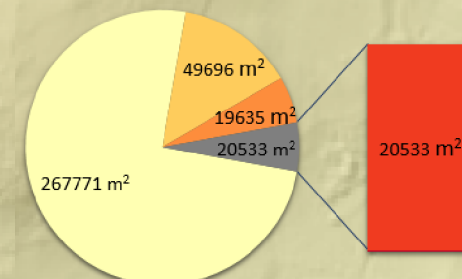
Energía generada por edificio



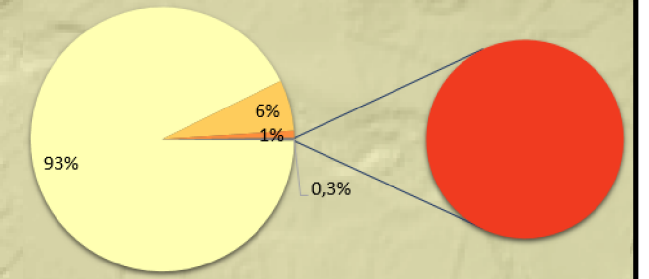
kWh/año = Producción energética durante una hora expresada para todo un año.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

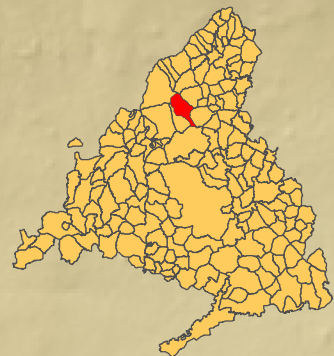
Distribución de la superficie de tejado en función de la energía generada según la leyenda



Distribución de los edificios en función de la energía generada según la leyenda



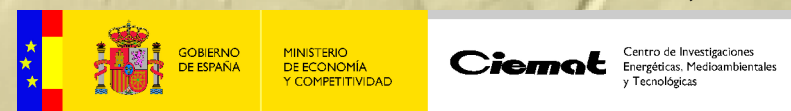
Comunidad de Madrid



Fuentes

- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.

0 125 250 500 750 1,000 Metros



1:11,000

Autor: Alberto Berdugo Zamora

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

Potencia Instalada: Silicio Monocristalino

Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra

Proyecto gSolarRoof

Miraflores de la Sierra

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

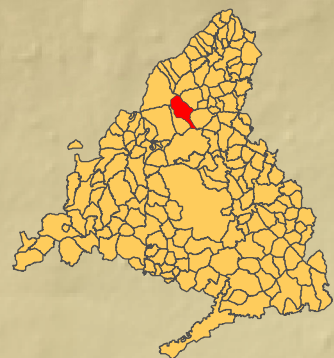
Potencia instalada por edificio



kWp = cuantía de kW instalados en un edificio mediante placas fotovoltaicas.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

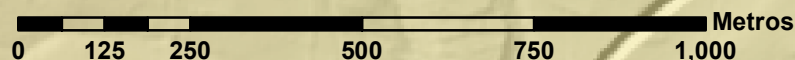
Comunidad de Madrid



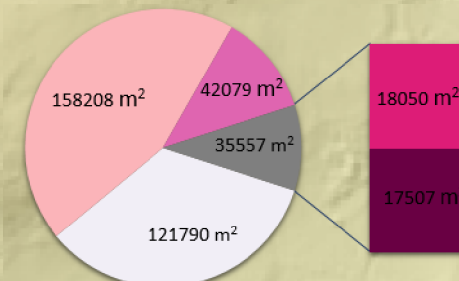
Fuentes

N

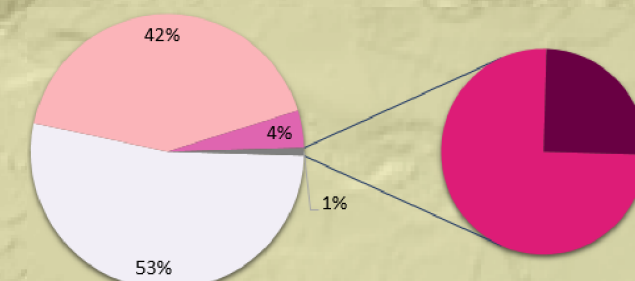
1:11,000



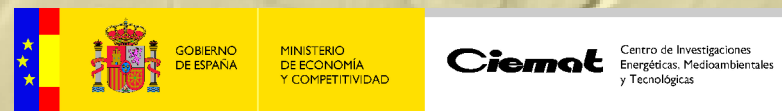
Distribución de la superficie de tejado en función de la potencia instalada según la leyenda



Distribución de los edificios en función de la potencia instalada según la leyenda



- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
 - Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
 - Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
 - Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.



Autor: Alberto Berdugo Zamora

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

Miraflores de la Sierra

Potencia Instalada: Silicio Multicristalino

Núcleo urbano de
Miraflores de la Sierra

Proyecto gSolarRoof

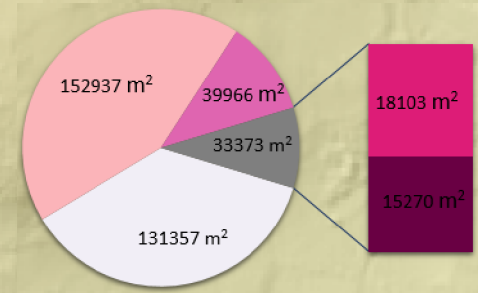
Potencia instalada por edificio



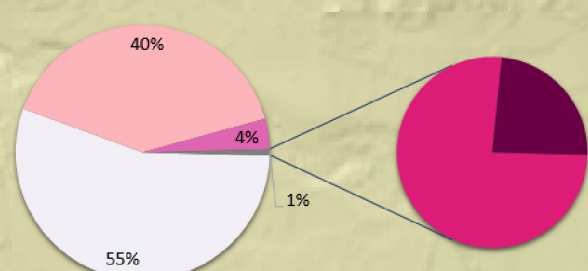
kWp = cuantía de kW instalados en un edificio mediante placas fotovoltaicas.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Distribución de la superficie de tejado en función de la potencia instalada según la leyenda

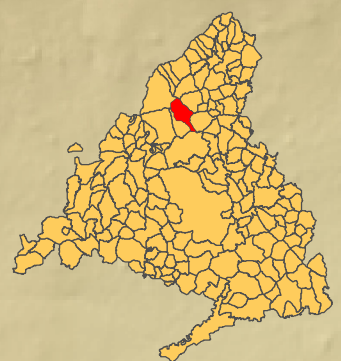


Distribución de los edificios en función de la potencia instalada según la leyenda



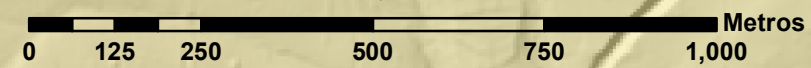
Autor: Alberto Berdugo Zamora

Comunidad de Madrid



Fuentes

- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.



1:11,000

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

Miraflores de la Sierra

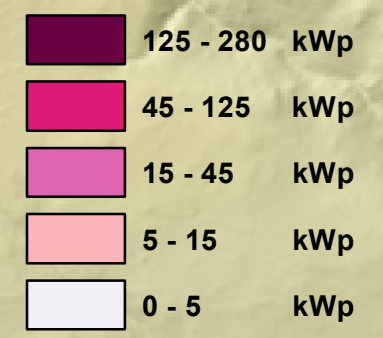
Potencia Instalada: CIS

Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra

Proyecto gSolarRoof



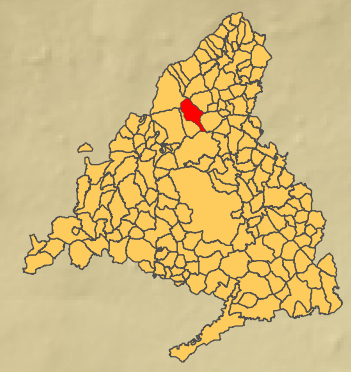
Potencia instalada por edificio



kWp = cuantía de kW instalados en un edificio mediante placas fotovoltaicas.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Comunidad de Madrid

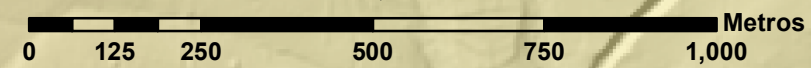


Fuentes

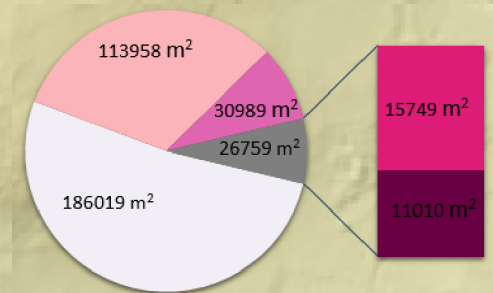
- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
 - Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
 - Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
 - Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.

N

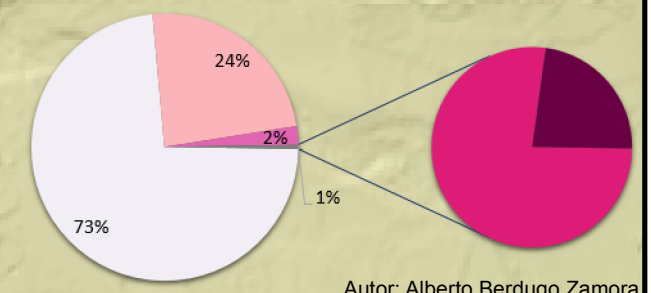
1:11,000



Distribución de la superficie de tejado en función de la potencia instalada según la leyenda



Distribución de los edificios en función de la potencia instalada según la leyenda



Autor: Alberto Berdugo Zamora

3°47'0"W

3°46'30"W

3°46'0"W

3°45'30"W

3°45'0"W

3°44'30"W

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

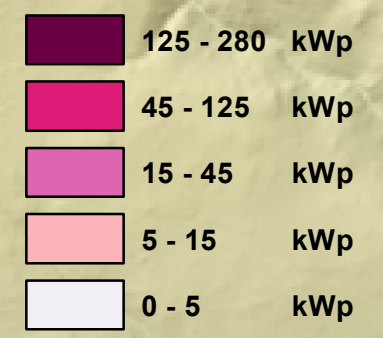
Miraflores de la Sierra

Potencia Instalada: TeCd

Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra

Proyecto gSolarRoof

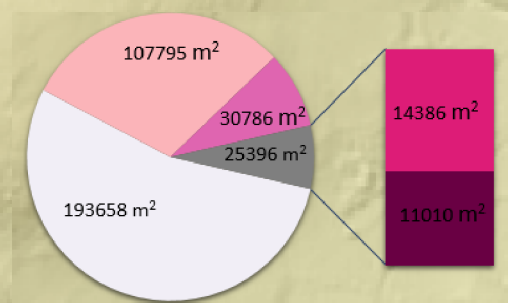
Potencia instalada por edificio



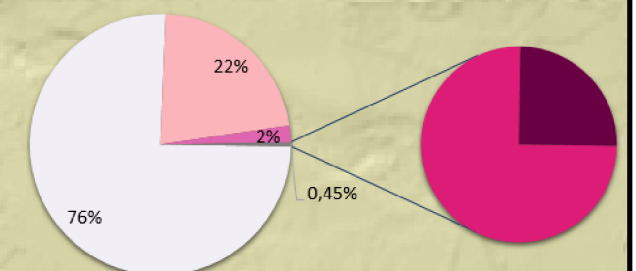
kWp = cuantía de kW instalados en un edificio mediante placas fotovoltaicas.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Distribución de la superficie de tejado en función de la potencia instalada según la leyenda

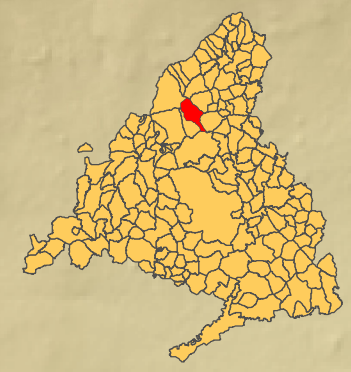


Distribución de los edificios en función de la potencia instalada según la leyenda



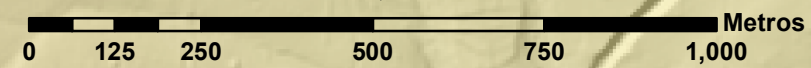
Autor: Alberto Berdugo Zamora

Comunidad de Madrid



Fuentes

- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.



1:11,000



3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W

40°49'0"N

40°49'0"N

40°48'30"N

40°48'30"N

40°48'0"N

40°48'0"N

Miraflores de la Sierra

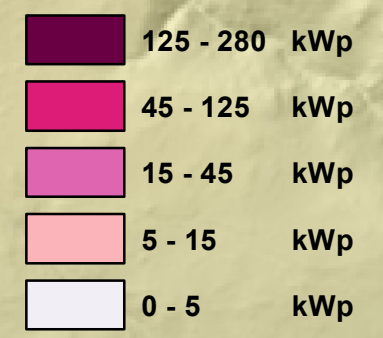
Potencia Instalada: Silicio Amorfo

Núcleo urbano de Miraflores de la Sierra

Proyecto gSolarRoof



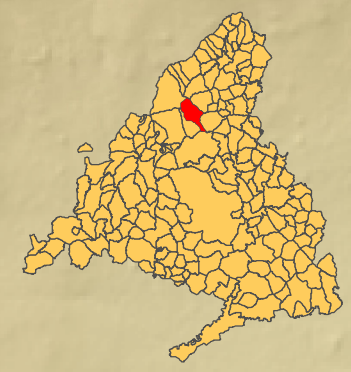
Potencia instalada por edificio



kWp = cuantía de kW instalados en un edificio mediante placas fotovoltaicas.

Los resultados asumen la instalación de paneles fotovoltaicos en el total de la superficie disponible de cada edificio

Comunidad de Madrid

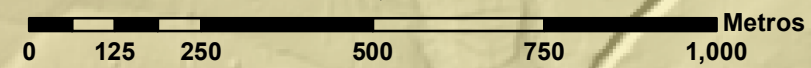


Fuentes

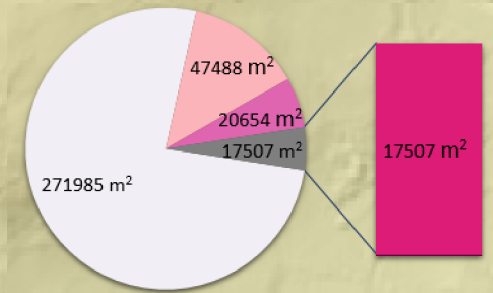
- Ortofotografía PNOA_ETRS89_HU30_h50_059. IGN
- Modelo Digital del Terreno. MDT25. IGN
- Parcelas catastrales de Miraflores de la Sierra. Catastro
- Resultados del modelo. Martín Ávila, Ana M.

N

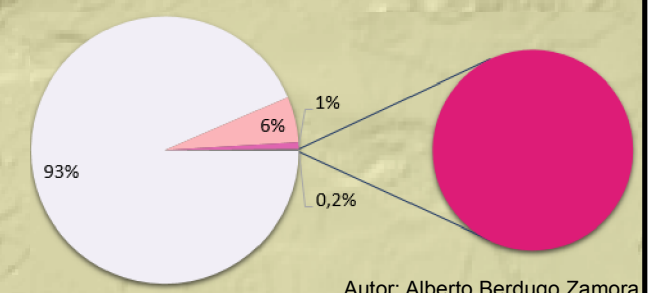
1:11,000



Distribución de la superficie de tejado en función de la potencia instalada según la leyenda



Distribución de los edificios en función de la potencia instalada según la leyenda



Autor: Alberto Berdugo Zamora

3°47'0"W 3°46'30"W 3°46'0"W 3°45'30"W 3°45'0"W 3°44'30"W