

**(05-011) - ENERGY COMMUNITY OF THE MUNICIPALITY OF BENARRABÁ
(MÁLAGA).**

Guzmán Sepúlveda, Rafael ¹; Miravet Garret, Laia ²; Perera Mohamed, Shiran ³;
Guzmán Navarro, Francisco ⁴; Alba Vega, Rafael ⁴

¹ Instituto Andaluz de Domótica y Eficiencia Energética (UMA), ² Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. UMA, ³ Dpto. Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. UMA, ⁴ Instituto de Domótica y Eficiencia Energética. UMA

Benarrabá is a municipality in the province of Málaga, is one of the towns that make up the region of the Serranía de Ronda. The population has suffered a decline in the last 20 years.

This type of rural populations have a fundamental role in the maintenance of these areas with high ecological value, so investment in alternative energies that promote sustainable economy and the maintenance of the population is vital at this time.

For the development of the project we began by conducting a GIS study, which allowed us to know the roofs of the population, as well as their capacity for the placement of the necessary plates for collective self-consumption.

The consumption of the population was obtained from the data provided by the municipality in accordance with the provisions of the R.D. Law 2/2024 in Article 24, rate of private use of land.

Discussions were held with the distribution and marketing company in the area to involve it in the process, as well as with the population of the municipality, which is called to be the key players through the creation of an energy community.

Keywords: "Solar"; "Energy Community"; "Depopulation".

COMUNIDAD ENERGÉTICA DEL MUNICIPIO DE BENARRABÁ (MÁLAGA).

Benarrabá es un municipio de la provincia de Málaga, es una de las poblaciones que conforman la comarca de la Serranía de Ronda. La población ha sufrido un descenso en los últimos 20 años.

Este tipo de poblaciones rurales tienen una labor fundamental en el mantenimiento de estas zonas con alto valor ecológico, por lo que la inversión en energías alternativas que fomente la economía sostenible y el mantenimiento de la población es vital en estos momentos.

Para el desarrollo del proyecto se comenzó por la realización de un estudio mediante GIS, que nos permitió conocer las cubiertas de la población, así como su capacidad para la colocación de las placas necesarias, para el autoconsumo colectivo.

El consumo de la población se obtuvo de los datos facilitados por el ayuntamiento en función de lo establecido en el R.D. Ley 2/2024 en su artículo 24, tasa del aprovechamiento privativo del suelo.

Se establecieron conversaciones con la empresa distribuidora y comercializadora de la zona para implicarlo en el proceso, así como con la población del municipio, que esta llamada a ser los actores fundamentales a través de la creación de una comunidad energética.



Palabras clave: "Solar"; "Comunidad Energética"; "Despoblación"

Correspondencia: Rafael Guzmán Sepúlveda, rguzman@uma.es

1. Introducción.

El estado del arte sobre eficiencia energética y la transición a energías sostenibles en municipios ha experimentado notables avances. La adopción de tecnologías renovables, como la solar y la eólica, es fundamental para disminuir la dependencia de combustibles fósiles y reducir las emisiones de carbono. Los municipios están implementando sistemas inteligentes de gestión energética, que incluyen redes eléctricas inteligentes, sensores y algoritmos de inteligencia artificial para optimizar el consumo en tiempo real (International Energy Agency, 2021).

Las políticas locales juegan un papel crucial en esta transición. En Europa, el Pacto de los alcaldes para el Clima y la Energía promueve planes de acción para reducir las emisiones de CO₂ en al menos un 40% para 2030 (European Commission, 2020). La participación ciudadana también es vital, fomentando el uso de energías renovables y prácticas de eficiencia energética a nivel comunitario (Energy Cities, 2021).

Además, la financiación y los incentivos económicos son esenciales para facilitar la transición energética. Fondos europeos y programas nacionales apoyan proyectos locales, como la instalación de paneles solares en edificios públicos y la modernización de sistemas de calefacción y refrigeración (Energy Cities, 2021).

La colaboración entre municipios, empresas y centros de investigación es otro aspecto clave. Este enfoque colaborativo permite compartir conocimientos y tecnologías innovadoras, escalando soluciones exitosas y adaptándolas a diferentes contextos locales (International Energy Agency, 2021).

En resumen, el estado del arte en eficiencia energética y transición a energías sostenibles en municipios es prometedor, impulsado por avances tecnológicos, políticas efectivas y colaboración entre diversos actores. La innovación continua y el compromiso comunitario serán esenciales para alcanzar los objetivos de sostenibilidad a largo plazo.

En el contexto actual de transición hacia fuentes de energía más sostenibles y renovables, el estudio del potencial solar de municipios como Benarrabá se convierte en un área de investigación crucial. Este estudio se propone definir los objetivos principales y secundarios de la investigación de manera clara y concisa, estableciendo así un marco para comprender su relevancia y alcance.

Benarrabá es un municipio situado en el oeste de la provincia de Málaga, en el Valle del Genal, siendo una de las poblaciones que conforman la comarca de la Serranía de Ronda.

Geográficamente cuenta con un territorio predominantemente montañoso, bañado por los ríos Guadiaro y Genal. Ocupa una extensión de 24,90 km cuadrados, situados en Latitud: 36° 33" y Longitud: -5° 16", con una altura sobre el nivel del mar de 522 m. y a una distancia de 152 km de la capital de la provincia.

En cuanto a la población como a muchos de los pueblos de la Serranía de Ronda esta va disminuyendo, habiendo pasado de los 591 vecinos en el 2011 a los 454 actuales según indica el INE (Instituto Nacional de Estadística, 2023), que habitan en 210 viviendas que según el Exmo. Ayto. de Benarrabá.



Figura 1: Fuente Instituto Nacional de Estadística

La Diputación de Málaga, a través de la Delegación de Medio Ambiente, Turismo Interior, Cambio Climático y Deportes, desarrolla actividades en función de sus competencias medioambientales en el ámbito de la programación de actuaciones en materia de información y de educación ambiental para la sostenibilidad, preferentemente en los municipios menores de 20.000 habitantes (Diputación de Málaga, fecha desconocida).

Siendo conscientes de que la energía es un factor esencial para el desarrollo social y económico de la población encarga al Instituto de Domótica y Eficiencia Energética el “Estudio del potencial solar del municipio de Benarrabá” cuyo objetivo es conocer la capacidad de generación de energía solar utilizando para ello la superficie de las cubiertas de los edificios tanto municipales como particulares de dicha población.

2. Objetivos.

Los siguientes objetivos principales que recogemos son:

- Evaluar el potencial de generación de energía solar en el municipio de Benarrabá, aprovechando las superficies de las cubiertas de edificios tanto municipales como privados.
- Identificar las áreas con mayor aptitud para la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica y térmica en el municipio.
- Proporcionar recomendaciones y orientaciones para el desarrollo de políticas públicas y proyectos de energía solar a nivel local, con el fin de fomentar la adopción de esta fuente de energía renovable.

Los objetivos secundarios incluyen:

Analizar la viabilidad económica y técnica de la implementación de sistemas de energía solar en Benarrabá, considerando los costos de instalación, mantenimiento y los potenciales beneficios económicos a largo plazo.

Y la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible encajando con los grupos:

1. Fin de la pobreza, 7. Energía sostenible y no contaminante, 8. Trabajo decente y crecimiento económico, 9. Industria innovación e infraestructura, 11. Ciudades y comunidades sostenibles, 12. Producción y consumo responsables y 13. Acción por el clima.

3. Metodología.

3.1. Estudio del potencial solar del municipio de Benarrabá.

Para alcanzar dicho objetivo, el grupo de trabajo realizó un estudio mediante Sistemas de Información Geográfica (GIS) para lo que se utilizaron distintas fuentes cartográficas proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional (**Plan Nacional de Ortografía Área, año desconocido**), por la Sede Electrónica de Catastro y por la Diputación Provincial de Málaga (**hay que poner la referencia y la bibliografía**).

La metodología seguida se basó en un análisis multicriterio booleano que permitió obtener los metros cuadrados de cubierta adecuadas para la instalación de paneles fotovoltaicos. La condición de adecuación vino definida por el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE, año) en su Documento Básico de Ahorro de la Energía (HE), así como la inexistencia de sombras y una garantía de accesibilidad a las instalaciones que se pudieran ubicar en estas cubiertas. Así mismo se descartaron aquellas edificaciones culturalmente sensibles. Los resultados obtenidos se mostraron tanto a través de tablas como cartográficamente.

3.2. Resultados obtenidos. análisis de superficies públicas y privadas del municipio.

La localidad cuenta con 14 inmuebles municipales con una superficie total de cubiertas de 3.074 m² en proyección horizontal habiéndose estimado, en función de las pendientes de dichas cubiertas, una superficie real de 3.417 m², con un potencial solar fotovoltaico de 1.256 m².

Como inmuebles de titularidad privada constan 419 referencias catastrales, que suponen una superficie total de cubiertas en proyección horizontal de 32.745 m², que según sus pendientes medias puede estimarse en 41.711 m² de superficie de cubierta real.

La superficie aprovechable de estas para instalaciones fotovoltaicas se ha estimado en 8.530 m² horizontales o 10.866 m² reales, lo que refiere un porcentaje de aprovechamiento para el total de las cubiertas de titularidad privada en torno al 26%.

A continuación, se muestran algunas imágenes de los mapas realizados durante el estudio a modo orientativo:

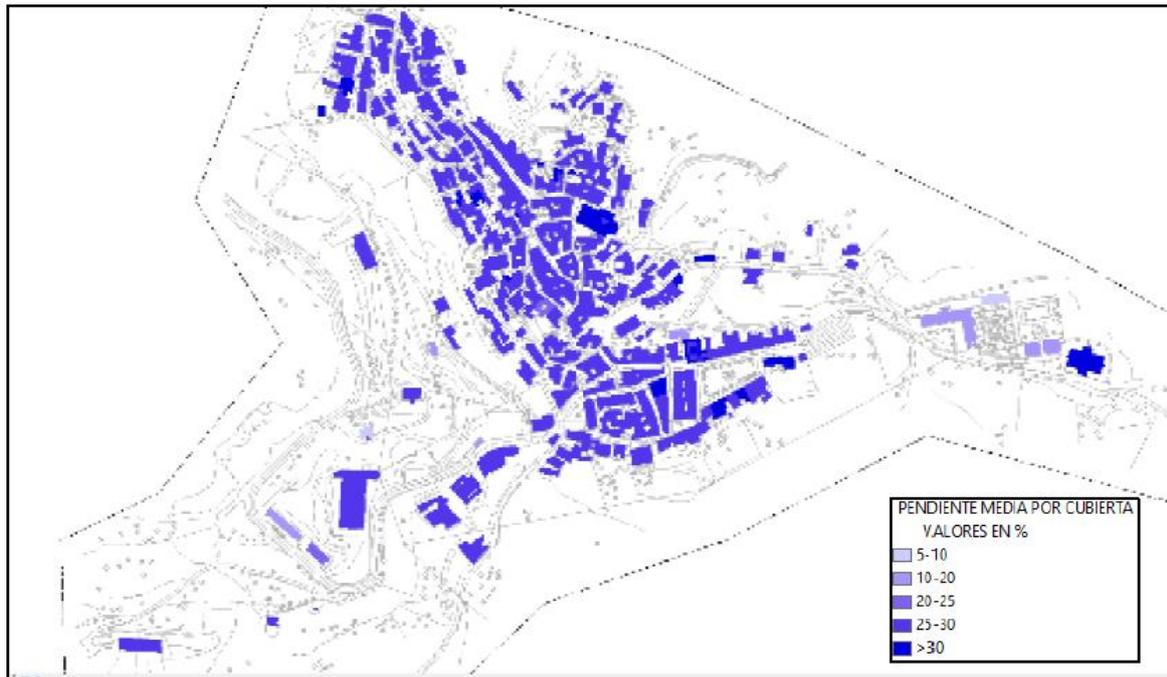


Figura 2: Identificación de las pendientes medias de las cubiertas.



Figura 3: Representación de las orientaciones de las cubiertas.

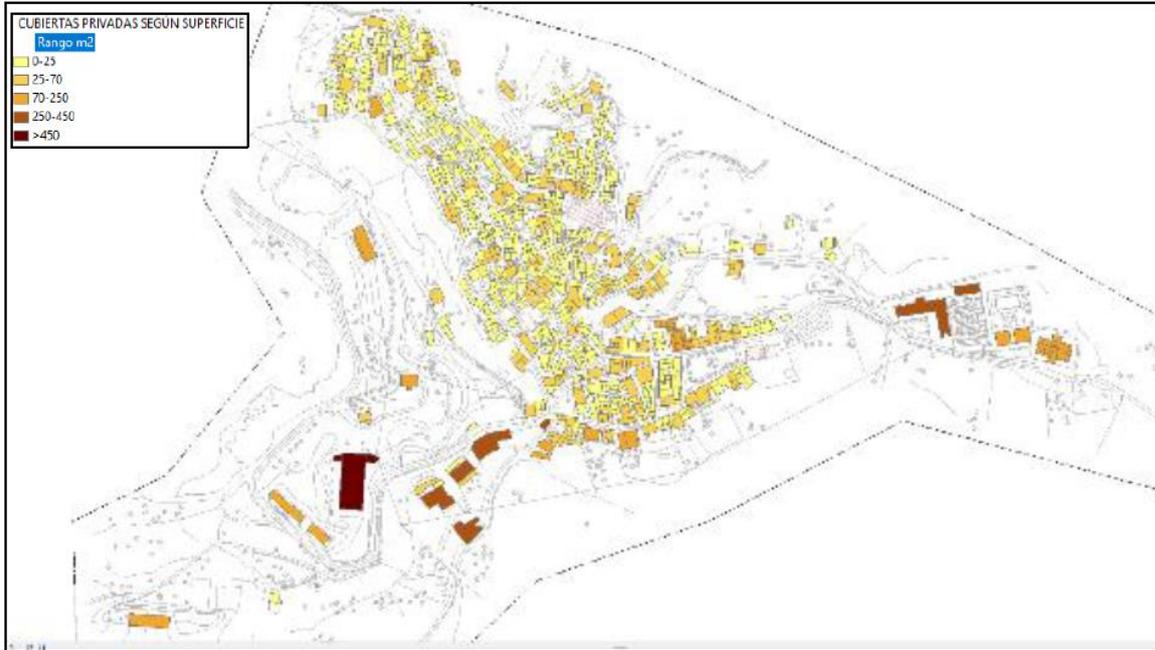


Figura 4: Representación de las cubiertas privadas y municipales según superficie con potencial en m2.

Una vez terminado el análisis de las cubiertas del municipio y siempre en continua comunicación con Diputación y Ayuntamiento se descartó el uso de las cubiertas privadas para la colocación de placas fotovoltaicas, teniendo en cuenta motivos tanto prácticos como estéticos.

La colocación de placas en las cubiertas de los vecinos implica el derecho de paso, no sólo para la instalación sino para posibles reparaciones, mantenimiento..., considerándose inviable esta solución.

Por otro lado, la idiosincrasia y tipología del municipio constituido por casas como máximo de dos alturas, con cubiertas con tejas curvas y enclavado en una zona boscosa, tendría un impacto visual importante.



Figura 5: Vista panorámica de Benarrabá

3.3. Análisis fotovoltaico a partir de los datos de cubiertas.

A partir de los datos de superficies obtenidos se realizaron los estudios, tanto de consumo como de posibilidad de generación, mediante la instalación de paneles solares sobre cubierta.

3.3.1. Consumo energético.

Para obtener el consumo energético partimos de los datos facilitados por el Exmo. Ayto. de Benarrabá, teniendo en cuenta los pagos recibidos por este de acuerdo con el artículo 24 del Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales.

Según estos datos, el consumo energético de Benarrabá en el año 2021 ascendió a **780,95 MWh año**, de los cuales el 22% aproximadamente se corresponde con el consumo municipal y el resto a las viviendas existentes.

	kWh/año
ENERO	65.079,34
FEBRERO	89.558,00
MARZO	28.555,00
ABRIL	85.026,00
MAYO	34.809,00
JUNIO	68.180,00
JULIO	5.795,00
AGOSTO	83.481,21
SEPTIEMBRE	9.434,00
OCTUBRE	127.893,57
NOVIEMBRE	118.061,61
DICIEMBRE	65.079,34
	780.952,07

Figura Tabla 1: Consumos mensuales según datos compañías eléctricas

3.3.2. Capacidad de generación.

Inicialmente se realizó un estudio de la capacidad de generación de las superficies de los edificios municipales, para ello se utilizó el programa PVSyst 7.2., obteniéndose los siguientes resultados que se pueden ver en la siguiente tabla resumen:

ORIENTACIÓN	SUPERFICIE (m ²)	ENERGÍA (MWh/año)
NORDESTE	84	25,40
ESTE	57	15,03
SUDESTE	101	34,70
SUR	226	88,77
SUDOESTE	197	45,00
OESTE	103	30,00
NOROESTE	63	19,29
NORTE	63	12,55
		270,74

Figura Tabla 2: resumen de superficies y energía generada en cubiertas municipales.

La energía obtenida al usar las superficies de los edificios públicos asciende a la cantidad de 270,74 MWh/año, lo que supondría el 34,66% de la energía necesaria para satisfacer las necesidades del municipio, por lo que se buscaron otras soluciones una vez descartado el

uso de las cubiertas privadas por los motivos expuestos anteriormente y ante el déficit de generación con respecto al consumo, se le ofrecieron al Ayuntamiento dos opciones:

OPCIÓN A:

Utilización de las cubiertas de los edificios municipales más la construcción de un aparcamiento disuasorio, que estaría provisto de pérgolas solares.

Dicho parking estaría justificado por la necesidad de dar respuesta al trasiego de vehículos que se produce al pasar por el término municipal de una de las sendas más importantes y transitadas de la provincia de Málaga, la conocida como “Gran senda de la Serranía de Ronda”.

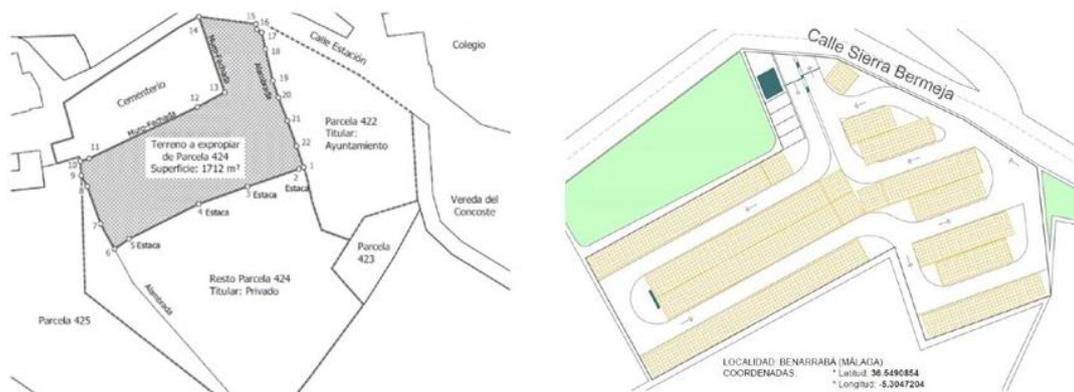


Figura 6: Imagen de parcela y aparcamiento con pérgolas solares.

OPCIÓN B: Utilización de las cubiertas de:

- Naves industriales propiedad del Ayuntamiento
- Nave privada existente a la que se le pide sección del uso de la cubierta.
- Cubrición de zona deportiva existente en la localidad mediante estructura metálica con cubierta solar.
- Cubierta del colegio de la localidad.



Figura 7: Colegio y pista deportiva.

De entre las dos opciones el ayuntamiento se decanta por la opción b, por lo que se procede a realizar el correspondiente proyecto técnico.

3.4. Constitución de la comunidad energética.

3.4.1. Tipo de autoconsumo.

El Real Decreto 244/2019 establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas de estas instalaciones y potencia que cualquier consumidor pueda generar su propia energía eléctrica utilizando, por ejemplo, energía solar fotovoltaica, pequeños aerogeneradores eólicos o cualquier otra fuente renovable o cogeneración.

Establece que las instalaciones de autoconsumo pueden conectarse en el interior de una red de un consumidor, en redes próximas, o a través de una línea directa de energía eléctrica.

Define las siguientes modalidades de autoconsumo:

- a) Sin Excedentes
- b) Con Excedentes
 - b.1. Con compensación
 - b.2. Sin compensación

a) Las instalaciones en la modalidad de “autoconsumo sin excedentes” se diseñarán para autoconsumir toda la energía que producen, no permitiéndose el vertido de excedentes a la red. Su tramitación administrativa para la ejecución y puesta en marcha de la instalación, así como sus obligaciones fiscales son más sencillas que en las otras modalidades. Para poder acogerse a esta opción, las instalaciones deben dotarse de un sistema antivertido que evite la inyección de posibles excedentes a la red de distribución de electricidad.

b) En las instalaciones en la modalidad de “autoconsumo con excedentes” , el consumidor puede autoconsumir la electricidad generada y verter excedentes a la red, obteniendo un beneficio por ellos.

Este beneficio se puede lograr de dos maneras:

- A través de la remuneración económica directa con la venta de la electricidad.
- Acogiéndose al mecanismo de compensación de energía, mediante el que se reduce de la factura eléctrica la energía excedentaria vertida a la red.

Las instalaciones en autoconsumo con excedentes no acogidas a compensación que reciben una remuneración económica directa, son considerados productores de electricidad que realizan una actividad económica, como es la generación y venta de electricidad.

3.2. Figura legal de la “Comunidad Energética”.

Una vez resuelto el tema técnico, nos enfrentamos al administrativo que con la legislación actual se presenta más complejo.

El primer paso es decidir que tipo de figura legal debe poseer dicha comunidad energética. Teniendo en cuenta que el proyecto se sufraga íntegramente por la Diputación que ve en este proyecto un ejemplo a seguir por otras poblaciones y que el concesionario de la instalación inicialmente es el Ayuntamiento.

No olvidemos que el objeto es crear una Comunidad Energética de carácter local, por lo que una vez terminado el proyecto y recepcionado por el Ayuntamiento se deberá buscar la forma de cedérselo a la entidad jurídica en la que finalmente se constituya la Comunidad.

4. Resultados.

4.1. Proyecto técnico solución B.

A continuación, se describen las actuaciones que se llevarán a cabo dentro de la villa para obtener la generación de energía necesaria:

Zona Este, se realizará la estructura del campo de deportes y la instalación fotovoltaica en dicha cubierta y en la cubierta del Colegio.

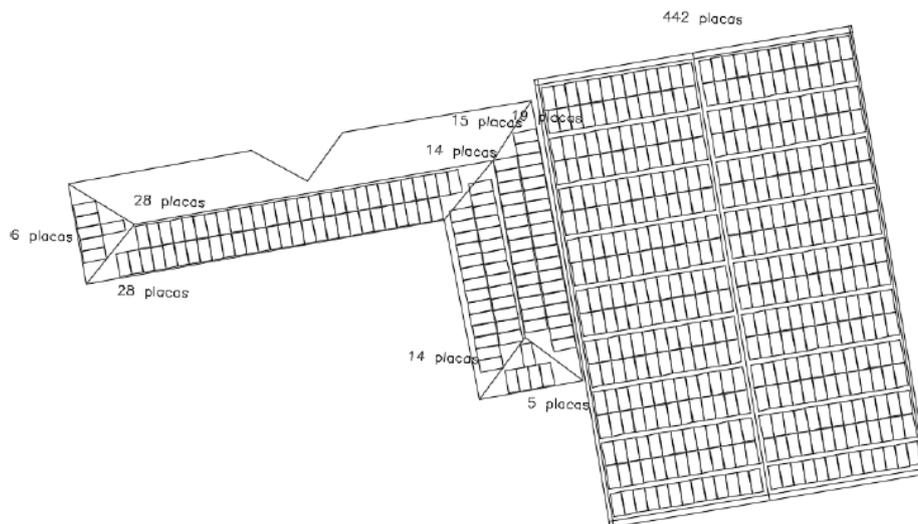


Figura 8: Colocación de placas sobre colegio y pista deportiva

Cubierta del Colegio Público El Espino y del Campo Deportes Municipal. (Zona Colegio)

- 570 unidades de producción de 550W, ubicadas en la cubierta del Colegio Público El Espino y del Campo Deportes Municipal.
- Aprovechando la distribución de cubiertas, se ubicarán un total de 442 módulos fotovoltaicos sobre la cubierta del Campo Deportes y 128 módulos fotovoltaicos sobre la cubierta del Edificio del Colegio Público El Espino.
- Se realizará la instalación de la infraestructura eléctrica de Baja Tensión que comunique el alojamiento de los inversores con el Centro de Transformación ubicado cercano a la entrada Oeste del Colegio El Espino.
- Instalación de los elementos necesarios para la completa monitorización de la instalación fotovoltaica.

- La estructura será de geometría rectangular, en el actual emplazamiento de la futura estructura se ubica el campo de deportes descubierta, cerrada perimetralmente mediante un muro de bloques de hormigón de 1,20m de altura aproximada, y una malla metálica. Las dimensiones interiores del perímetro de dicho muro son de 30,0m de ancho x 44,0m de largo, obteniendo una superficie de 1.320,0 m².

Zona Oeste se llevará a cabo la instalación fotovoltaica en la cubierta de dos naves.

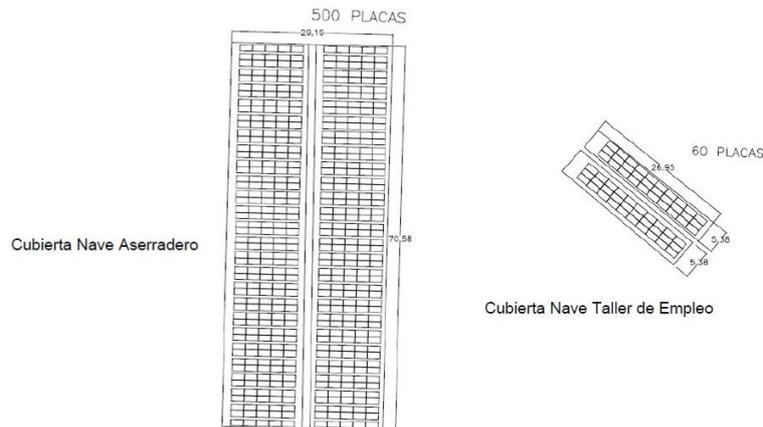


Figura 9: Cubierta de la Nave del Aserradero y el Taller de Empleo. (Zona Naves)

560 unidades de producción de 550W, ubicadas en la cubierta de la Nave del Aserradero y el Taller de Empleo.

- Aprovechando la distribución de cubiertas, se ubicarán un total de 500 módulos fotovoltaicos sobre la cubierta del Aserradero y 60 módulos fotovoltaicos sobre la cubierta de la nave del taller de Empleo.
- Instalación de la estructura portante necesaria para la colocación de los paneles fotovoltaicos en dichas cubiertas.
- Se realizará la instalación de la infraestructura eléctrica de Baja Tensión que comunique el alojamiento de los inversores con el Centro de Transformación ubicado junto a la nave privada.

La instalación en las dos ubicaciones supone una generación anual de 664,70 kWh/año, que se estima que es energía suficiente para cubrir las necesidades del municipio.

4.2. Puntos de vertidos.

se ha llegado a un acuerdo con la empresa distribuidora de la zona, para que el volcado se realice en los dos transformadores citados con anterioridad, que dan servicio al municipio y que están conectados en anillo, para ello se modificará y se trasladará el centro de transformación existente en las cercanías del colegio pasando de un centro sobre poste de 50 kVA a uno prefabricado en superficie de 630 kVA, como parte de la negociación y que será financiado por el proyecto, quedando la instalación y proyecto por parte de la distribuidora.

4.3. Tipo de autoconsumo.

Nos decantamos por la de **“autoconsumo con excedentes”**, lo que nos obligará a:

- Facturación mensual para la venta de la electricidad (excedentes vertidos a la red).
- Declaraciones trimestrales y anuales de IVA.
- Declaraciones trimestrales y anuales de impuesto de sociedades.

Facturación anual del peaje de generación, entre otros.

4.4. Figura legal de la “Comunidad Energética”.

En principio parece que la figura más interesante para nuestro propósito es una cooperativa, en este sentido la comunidad autónoma andaluza tiene un marco normativo sobre cooperativas muy desarrollado.

La normativa regional establece:

“Las sociedades cooperativas andaluzas son empresas organizadas y gestionadas democráticamente que realizan su actividad de forma responsable y solidaria con la comunidad y en las que sus miembros, además de participar en el capital, lo hacen también en la actividad societaria prestando su trabajo, satisfaciendo su consumo o valiéndose de sus servicios para añadir valor a su propia actividad empresarial” .

La Ley 14/2011, de 23 de diciembre, de Sociedades Cooperativas Andaluzas establece las siguientes modalidades:

- Cooperativas de Trabajo.
- Cooperativas de Consumo.
- Cooperativas de Servicios.
- Cooperativas especiales.

De entre todas las modalidades la que más se ajustaría sería la última “Cooperativas especiales” y dentro de estas la denominada “Cooperativa de servicios públicos”.

El art. 104.1 del Real Decreto Legislativo 781/1986, de 18 de abril (TRRL), mantiene intacta su dicción original, que dice: “Para la gestión indirecta de los servicios podrán las Entidades locales utilizar las formas de Sociedad mercantil o cooperativa cuyo capital social sólo parcialmente pertenezca a la Entidad”

Además:

La Ley 14/2011, de 23 de diciembre, de Sociedades Cooperativas Andaluzas, determina en su art. 101 que las Administraciones territoriales andaluzas podrán proveer “la prestación directa de éstos [servicios públicos] mediante la constitución de sociedades cooperativas de servicios públicos.”

2. En estas sociedades cooperativas participarán como personas socias promotoras la entidad o entidades públicas competentes y, en su caso, entidades privadas con experiencia demostrada en el sector; asimismo, podrán participar las personas usuarias de los servicios que sean objeto de la sociedad cooperativa así como las personas socias trabajadoras que presten su trabajo personal en la sociedad, en este último caso hasta alcanzar el veinticinco por ciento del capital de la misma. No obstante, las entidades públicas promotoras conservarán el control en cuanto a las condiciones de prestación de los servicios públicos.

CONCLUSIÓN:

El estudio del potencial solar en el municipio de Benarrabá presenta una estrategia integral para la generación de energía necesaria, aprovechando tanto las infraestructuras existentes como las potenciales. A través de la instalación de paneles fotovoltaicos en la cubierta del Colegio Público El Espino, el Campo Deportes Municipal y otras ubicaciones estratégicas en la Zona Este, así como en las naves del Aserradero y el Taller de Empleo en la Zona Oeste, se estima una generación anual de 664,70 kWh/año, suficiente para cubrir las necesidades energéticas del municipio.

La cooperativa de servicios públicos se presenta como una opción prometedora para gestionar la generación y distribución de energía, siguiendo el marco normativo establecido por la comunidad autónoma andaluza. Esta modalidad permite la participación democrática de los ciudadanos y garantiza una gestión responsable y solidaria de los recursos energéticos locales.

La negociación con la empresa distribuidora para el volcado de los excedentes en los transformadores existentes, así como la financiación del nuevo centro de transformación, demuestran una colaboración efectiva entre el sector público y privado en pos del desarrollo energético sostenible del municipio.

Tras tres años de trabajo estamos en la fase de licitación de la instalación, cuya finalización debe producirse antes de marzo de 2025.

Una vez comenzadas las obras pasaremos a constituir la comunidad energética y continuaremos con la legalización, para que a mediados de 2025 sea una realidad que Benarrabá es autosuficiente energéticamente.

En resumen, la implementación de este proyecto no solo contribuirá a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y a la mitigación del impacto ambiental, sino que también sentará las bases para una gestión energética participativa y comunitaria en Benarrabá, promoviendo el desarrollo local y la sostenibilidad a largo plazo.

Referencias:

Diputación de Málaga. (Fecha desconocida). Programas y actuaciones en municipios menores de 20.000 habitantes.

Energy Cities. (2021). Funding Opportunities for Local Energy Projects.

European Commission. (2020). Covenant of Mayors for Climate & Energy.

Exmo. Ayuntamiento de Benarrabá. (Fecha desconocida). Información sobre las acciones medioambientales municipales.

Instituto de Domótica y Eficiencia Energética. (Fecha desconocida). Estudio del potencial solar del municipio de Benarrabá.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2023). Datos demográficos del municipio de Benarrabá.
https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2882#_tabs-grafico

International Energy Agency. (2021). Collaborative Efforts in Local Energy Transitions.

Ley 14/2011, de 23 de diciembre, de Sociedades Cooperativas Andaluzas.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

