

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Sistemas solares térmicos y fotovoltaicos  
para el suministro energético en micro-  
industrias aisladas: aplicación a la provincia  
de Almería



Curso 2020-2021

**Alumno/a:**

Galo José Heredia Vicente

**Director/es:**

Manuel Pérez García

José Alfonso Romero Ramos

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

## MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



---

Sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para el suministro energético en  
micro-industrias aisladas: aplicación a la provincia de Almería

---

-Autor-

Galo José Heredia Vicente

-Tutores-

Manuel Pérez García

José Alfonso Romero Ramos

Almería, Julio 2021



## Resumen

En este trabajo se ha llevado a cabo, en primer lugar, un estudio en profundidad de la actividad productiva de naturaleza semi-industrial de un conjunto de zonas rurales de la provincia de Almería con el objetivo de establecer la relevancia económica y social de dicha actividad y su potencial contribución al desarrollo social y económico de dichas zonas, y consecuentemente, a la lucha contra su despoblamiento. Sobre esta base, y después de realizar una selección de casos de estudio para los cuatro sectores productivos identificados como más relevantes, esto es, las Industrias cárnicas (fabricación de embutidos), las industrias enológicas (bodegas), las Industrias de aceites y grasas vegetales (almazaras) y las industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos se realiza un análisis tecno-económico del uso de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para el suministro energético de los diferentes procesos productivos de cada industria. Los resultados obtenidos permiten adelantar la viabilidad, para los casos de estudio representativos analizados, de los sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para las industrias cárnica y conservera, mientras que para las industrias estacionales, bodegas y almazaras, la opción más atractiva es la instalación de sistemas fotovoltaicos para suplir solo la demanda energética de los meses de mantenimiento.

## Abstract

In this work a in-depth study of the semi-industrial nature of the productive activity of a set of rural zones of the Almería's province is made with the objective to stablish the economic and social relevance of that activity and it's potential contribution to social and economic development on those zones and consequently, the fight against depopulation. On this basis and after a selection of four cases of study of productive manufacturing industries identified as more relevand, being those the meat industries, the oenological industries, the oil and vegetable fats industries and the vegetables preserves, seasoning and stuffeds a techno-economic analysis of the use of solar thermic and photovoltaic solar systems for the energy supply of the different processes for each industry is made. The results obtained allow to advance the viability, for the cases studied, that the thermal and photovoltaic solar systems for the meat and preserves industry, whilst for seasonal industries, oenological and oil industries, the more suitable option is the installation of photovoltaic systems to only supply the energy demand on the maintenance months.

## **Agradecimientos**

*A los investigadores del proyecto “Microrredes para el autoabastecimiento solar de entornos productivos aislados” (MICROPROD-SOLAR) ref: PCI2019-103378 financiado por la Agencia Estatal de Investigación y el programa CYTED, por la aportación de datos y referencias para la realización de este trabajo.*

## Índice

Resumen.....	3
Agradecimientos.....	4
Cronología.....	5
1. Introducción.....	7
2. Análisis de las tecnologías disponibles.....	11
2.1. Tecnologías termosolares.....	11
2.1.1. Captadores cilindro parabólicos (CCP).....	11
2.1.2. Colectores lineales de Fresnel.....	12
2.2. Tecnologías fotovoltaicas.....	14
3. Análisis del potencial solar en la provincia de Almería.....	17
3.1. Estudio de los recursos solares de la provincia de Almería.....	17
3.2. Estudio del aprovechamiento solar en la provincia de Almería.....	19
3.2.1. Análisis de plantas solares de producción de energía.....	19
3.2.2. Discriminación geográfica del potencial aprovechamiento solar en la provincia de Almería.....	23
4. Localización y caracterización energética de micro-industrias aisladas.....	31
4.1. Fuentes de datos de actividad industrial.....	31
4.2. Discriminación geográfica de actividad industrial.....	33
4.3. Selección y caracterización de industrias tipo.....	37
4.3.1. Industrias cárnicas.....	38
4.3.2. Industrias enológicas y de bebidas alcohólicas.....	40
4.3.3. Industrias de aceites y grasas vegetales.....	43
4.3.4. Industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos.....	45
5. Casos de estudio y aplicación de instalaciones solares a micro-industrias tipo.....	47
5.1. Herramientas de pre-dimensionado y estudio tecno-económico de instalaciones.....	47
5.2. Metodología de pre-dimensionado y obtención de indicadores tecno-económicos... ..	50
5.3. Resultados por industrias.....	57
5.3.1. Industrias cárnicas.....	57
5.3.2. Industrias enológicas y de elaboración de bebidas alcohólicas.....	61
5.3.3. Industrias del aceite y grasas vegetales.....	65
5.4.4. Industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos.....	69
6. Conclusiones.....	73
7. Bibliografía.....	75
ANEXO: Ampliaciones de figuras.....	77

## Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de tecnologías FV disponibles. Fuente [2].....	14
Tabla 2: Estudio del error del recurso Global Solar Atlas frente a las estaciones <i>de tierra</i> . Datos de radiación en kWh/m <sup>2</sup> día.....	18
Tabla 3: Resumen del tipo de industrias seleccionadas con sus características principales....	37
Tabla 4: Datos del IDAE 2014 de consumo eléctrico / térmico donde se refleja la estacionalidad de las industrias enológicas.....	41
Tabla 5: Datos del IDAE 2014 de consumo eléctrico / térmico donde se refleja la estacionalidad de las industrias de grasas vegetales.....	44
Tabla 6: Resumen de resultados obtenidos.....	73

## Índice de acrónimos

ANE.....	Atlas Nacional Español.
CCP.....	Colectores Cilindro Parabólicos.
CIEMAT.....	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
CNAE.....	Clasificaciones Nacional de Actividades Económicas.
FV.....	Fotovoltaica.
GIS.....	Geographical Information System.
GRIA.....	Registro de Industrias Agroalimentarias.
GSA.....	Global Solar Atlas.
IDAE.....	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
IRENA.....	International Renewable Energy Agency.
KPI.....	Key Performance Indicator.
LFC.....	Linear Fresnel Colector.
MIEA.....	Mapa de Infraestructuras Eléctricas de Andalucía.
NREL.....	National Renewable Energy Laboratory.
PER.....	Plan de Energías Renovables.
RIA.....	Red de Información Agroclimática de Andalucía.
SAM.....	System Advisor Model.
SHIP.....	Solar Heating for Industrial Processes.

## Índice de figuras

Figura 1: Evolución demográfica de municipios rurales. <i>Elaboración propia</i> .....	7
Figura 2: Colectores solares cilindro parabólicos. Fuente [4].....	11
Figura 3: Colectores solares cilindro parabólicos. Fuente [4].....	12
Figura 4: Colector Fresnel. Fuente [4].....	12
Figura 5: Sistema lineal Fresnel. Fuente [4].....	13
Figura 6: Radiación directa normal media diaria en la provincia de Almería. Fuente: <i>Global Solar Atlas</i> .....	18
Figura 7: Radiación global horizontal media diaria en la provincia de Almería. Fuente: <i>Global Solar Atlas</i> .....	18
Figura 8: Estaciones agroclimáticas de la provincia. <i>Elaboración propia con datos de [28]</i> .....	18
Figura 9: Capa ráster de radiación global proporcionada por ADRASE.....	19
Figura 10: <i>Centrales</i> solares en Almería por tamaño. Fuente mapa de infraestructuras eléctricas de Andalucía (MIEA)[25]. Mapa de elaboración propia.....	20
Figura 11: Histograma de potencias de centrales solares.....	20
Figura 12: Zonas pobladas frente a zonas industriales. <i>Elaboración propia con datos de [7]. Ampliación en anexo</i> .....	21
Figura 13: Centrales FV próximas a zonas industriales. <i>Elaboración propia con datos de [25]. Ampliación en anexo</i> .....	21
Figura 14: Empresas “Sabores de Almería” vs centrales FV.....	22
Figura 15: Comarcas culturales de la provincia de Almería.....	23
Figura 16: Análisis FV de la comarca del Almanzora.....	24
Figura 17: Análisis FV de la comarca del Almanzora.....	24
Figura 18: Análisis FV de la comarca del Campo de Tabernas.....	25
Figura 19: Análisis FV de la comarca de Las Alpujarras.....	26
Figura 20: Análisis FV de la comarca del Poniente Almeriense.....	26
Figura 21: Análisis FV de la comarca de Almería.....	27
Figura 22: Análisis FV de la comarca del Levante Almeriense.....	28
Figura 23: Mapa de industrias agroalimentarias clasificadas según su naturaleza. Fuente: <i>Elaboración propia con datos del GRIA [27]</i> .....	32
Figura 24: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca de Los Vélez.....	33
Figura 25: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Almanzora.....	33
Figura 26: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Campo de Tabernas...34	
Figura 27: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca de Las Alpujarras.....34	
Figura 28: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Poniente Almeriense. 35	
Figura 29: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca de Almería.....36	
Figura 30: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Levante Almeriense...36	
Figura 31: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias cárnicas.....38	
Figura 32: Representación de la estacionalidad mediante consumos eléctricos. Fuente [13].40	
Figura 33: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias enológicas.....40	
Figura 34: Proceso de elaboración de bebidas fermentadas. Fuente [13].....41	

Figura 35: Representación de la estacionalidad mediante consumos eléctricos. Fuente [15].	43
Figura 36: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias del aceite y grasas vegetales.....	43
Figura 37: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias conserveras. Fuente [6].....	45
Figura 38: Portada de la aplicación RESSSPI.....	47
Figura 39: Ejemplo de una instalación realizada por SOLATOM mediante captadores Fresnel modulares.....	48
Figura 40: Características de los módulos Fresnel desarrollados por SOLATOM.....	48
Figura 41: Esquema ejemplo del conexionado de un campo Fresnel.....	49
Figura 42: Resultados de la simulación de RESSSPI para el caso de industrias cárnicas.....	57
Figura 43: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias cárnicas.....	58
Figura 44: Resultados de la simulación de RESSSPI para el caso de industrias enológicas.....	61
Figura 45: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias enológicas en el caso de suministro total de la demanda.....	62
Figura 46: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias enológicas en el caso de suministro parcial de la demanda.....	62
Figura 47: Resultados de la simulación de RESSSPI para el caso de industrias del aceite.....	65
Figura 48: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias <i>del aceite</i> en el caso de suministro total de la demanda.....	66
Figura 49: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias <i>del aceite</i> en el caso de suministro parcial de la demanda.....	66
Figura 50: Resultados de la simulación de RESSSPI para el caso de industrias de conservas...	69
Figura 51: Resultados de la simulación de SAM para el caso de industrias de conservas.....	70
Figura 52: Ampliación de la figura 12 en ciertos municipios con referencia satélite.....	77
Figura 53: Ampliación de la figura 13 en ciertos municipios con referencia satélite.....	78

## **Cronología**

Se estima que se emplearon 3 horas diarias durante los cinco días laborables de la semana desde el inicio del comienzo del trabajo el día 3 de marzo de 2021 hasta la fecha de su entrega, día 30 de julio de 2021 resultando un total de 330h que se distribuyeron de la siguiente manera:

### **Tarea 1: Revisión bibliográfica y planteamiento de objetivos.**

Se hace un estudio previo del estado del arte y las novedades que se pueden aportar al campo, buscando objetivos de estudio y metas de desarrollo **(120h)**.

### **Tarea 2: Aprendizaje de utilización de software, desarrollo de la metodología y tratamiento de datos mediante software.**

Una vez definidos los objetivos se trata de alcanzarlos desplegando toda la información recopilada, en software dedicado para el tratamiento, tanto de datos geográficos como de datos energéticos para el dimensionado de instalaciones **(110h)**.

### **Tarea 3: Validación de datos.**

Esto se consiguió mediante revisión bibliográfica y contacto con empresas del sector. **(30h)**

### **Tarea 4: Redacción de la memoria.**

Elaboración de la memoria que recopila todo lo sucedido desde el inicio del trabajo hasta su finalización **(70h)**.



## 1. Introducción

La provincia de Almería, a lo largo de su historia ha contado con un fuerte carácter rural desde sus orígenes, destacando tradicionalmente las zonas correspondientes con la comarca de Filabres-Tabernas ricas en cuanto al cultivo de cereales, la comarca de los Vélez en cuanto al cultivo de frutos, la comarca de las Alpujarras en cuanto a vino y el resto de comarcas por la pesca y artesanía.

Sin olvidar la tradición, la provincia de Almería hoy en día presenta un panorama diferente, con un sector productivo masificado en la superficie sur de la provincia, basado principalmente en la agricultura intensiva bajo invernadero y sus industrias auxiliares, dejando al resto de la provincia con un sistema productivo anticuado y con débil desarrollo industrial. Esto está provocando la despoblación paulatina de los núcleos rurales, por la falta de oportunidades y servicios para el desarrollo de la economía de los municipios. Este hecho es preocupante por varios motivos: el abandono de los núcleos rurales no solo aumenta la presión en los entornos urbanos, aumentando el precio de la vivienda y congestionando los servicios públicos de las urbes sino que también implica una pérdida de cultura, paisajes, flora y fauna que ha perdurado durante siglos.

A continuación, se puede ver en la Figura 1 este último hecho en la evolución demográfica de algunos municipios de carácter rural dentro de la provincia:

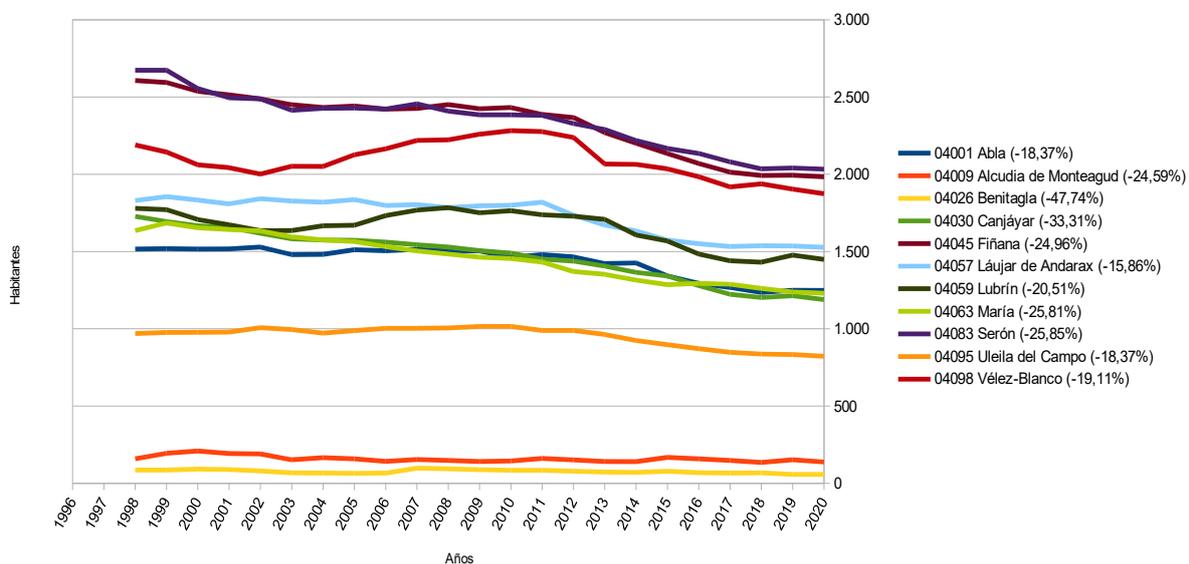


Figura 1: Evolución demográfica de municipios rurales. Elaboración propia

Este fenómeno es realmente un fenómeno de escala global y los casos en cada país o región cuentan con sus propias peculiaridades. En España, el proceso se inició en los denominados años del desarrollismo en el siglo pasado y, en mayor o menor medida, se está viendo acelerado por situaciones, como la que se ha descrito para la provincia de Almería en la que

la actividad productiva tradicional no es capaz de generar los beneficios económicos que justifiquen su propia supervivencia.

En este contexto y alrededor del término “España Vacía” están apareciendo determinadas iniciativas oficiales y empresariales con el objetivo de revertir este fenómeno a través de la promoción de proyectos que doten de mayor valor económico y atractivo social a la actividad en los enclaves rurales. La mayor parte de estos proyectos están relacionados con actividades del sector servicios sin tener en cuenta que la actividad industrial ligada a la transformación de alimentos procedentes de explotaciones agrícolas o pecuarias tradicionales también puede constituir un elemento clave en este proceso siempre y cuando la misma siga siendo compatible con su entorno y, especialmente, su desarrollo se realice sobre una base de sostenibilidad ambiental.

También en este contexto, es fácilmente constatable que, tanto en aplicaciones de generación de calor como en aplicaciones eléctricas, la energía solar constituye una alternativa factible en muchos casos en los que, como ocurre en las zonas rurales, el acceso a las líneas de distribución energéticas se puede ver limitado por motivos físicos o de rentabilidad. A lo anterior se pueden añadir conceptos recientes como el de comunidades energéticas [1] que promueve la consideración de un suministro a través de pequeñas plantas de producción energética distribuida (tanto eléctrica, como térmica) permitiendo un mayor aprovechamiento del suelo y favoreciendo un mayor desarrollo en las zonas donde se ubiquen las comunidades por la mejora de la infraestructura energética, mayor empleabilidad al necesitar estas plantas un mantenimiento y una protección del patrimonio al garantizar la supervivencia de los pequeños núcleos aislados.

Inspirado en lo anterior, y habiendo realizado una primera aproximación a la actividad productiva y el consumo energético de la provincia de Almería se ha considerado de interés estudiar la potencialidad de la aplicación de la energía solar en instalaciones industriales situadas en zonas rurales, áreas geográficas ligadas a las siguientes actividades productivas: 1) procesado de productos cárnicos, 2) elaboración de aceites (almazaras), 3) elaboración de vinos (bodegas) y 4) procesado y conservación de frutas y hortalizas, como se expondrá más adelante.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es realizar un análisis tecno-económico y geográfico del potencial de aplicación de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para el suministro energético de un conjunto de micro-industrias situadas en zonas rurales de la provincia de Almería.

Para el cumplimiento general, debe de abordarse el cumplimiento de los siguientes sub-objetivos parciales:

- Obtener y asignar las condiciones climáticas de diseño a los emplazamientos bajo estudio necesarias para el dimensionado de los sistemas solares de generación.

- Realizar una identificación geográfica y funcional de los usuarios industriales potenciales de instalaciones solares de la provincia de Almería.
- Agrupar y clasificar las actividades e industrias en base a criterios que faciliten la asignación de sus KPIs (Key Performance Indicators)
- Obtener curvas de demanda energética por actividad para diseño de instalaciones solares.
- Diseñar, dimensionar y valorar económicamente instalaciones solares tipo aplicables a las agrupaciones geográficas y funcionales detectadas en el primer sub-objetivo.
- Establecer conclusiones sobre coste-beneficio económico y medioambiental de las instalaciones dimensionadas.



## 2. Análisis de las tecnologías disponibles

### 2.1. Tecnologías termosolares

Antes de abordar la situación mencionada en el apartado previo, se van a presentar las tecnologías candidatas a la aplicación de soluciones para el caso de industrias aisladas para generación de calor de proceso. Estas tecnologías se caracterizan por la utilización de la energía solar en rango térmicos superiores a los de los captadores solares convencionales de placa plana. La alta densidad energética de las mismas y la modularidad que ofrecen los nuevos desarrollos [2] las hacen propicias para el tipo de aplicaciones que se están considerando en este trabajo.

#### 2.1.1. Captadores cilindro parabólicos (CCP)

Los colectores cilindro parabólicos (CCP) concentran la irradiación solar directa, mediante superficies reflectantes, en un absorbedor que es el encargado de transformar la irradiación solar en energía térmica. Los espejos se disponen sobre una estructura de sección parabólica y geometría cilíndrica y el absorbedor se sitúa sobre la línea focal de la parábola.



Figura 2: Colectores solares cilindro parabólicos. Fuente [4]

Los CCP se pueden ubicar orientando su eje en dirección Norte-Sur o Este-Oeste. Existen diferentes tipos de absorbedor, de manera que, en función del tipo empleado, el rendimiento del colector puede variar de manera importante. Habitualmente éstos están formados por tubos de vidrio cuyo eje lo forma un tubo de cobre o de acero inoxidable por el que circula el fluido caloportador y, que a su vez, suele estar recubierto de un tratamiento selectivo que optimiza la absorción de irradiación solar. En el espacio entre la tubería y el vidrio se puede efectuar el vacío, lo cual aumenta en gran medida el rendimiento de este tipo de colectores

Los colectores solares cilindro parabólicos empleados en las centrales solares termoeléctricas pueden destinarse también a la generación de vapor en procesos industriales [3],

climatización de edificios o en redes de calefacción y refrigeración, no obstante, se han desarrollado colectores especialmente diseñados para la producción de energía térmica en entornos de edificios.



Figura 3: Colectores solares cilindro parabólicos. Fuente [4]

En cuanto a su rendimiento, las temperaturas que los CCP pueden alcanzar dependen en gran medida de sus características físicas, tipo de absorbedor, fluido caloportador utilizado, factor de concentración, materiales utilizados, etc. Una ventaja a la hora de utilizar este tipo de sistemas de concentración que emplea sistemas de seguimiento solar es que éste puede desorientarse e impedir la captación de irradiación solar directa en el caso de que no exista demanda o se necesite realizar una parada de emergencia.

### 2.1.2. Colectores lineales de Fresnel

Los colectores lineales de Fresnel (LFC) tienen un principio de funcionamiento muy similar al de los CCP solo que, en este caso, el reflector parabólico se divide en espejos planos situados en un plano paralelo al suelo. Cada espejo debe girar sobre su eje longitudinal para realizar el seguimiento solar y concentrar la irradiación en el receptor solar..



Figura 4: Colector Fresnel. Fuente [4]

Las temperaturas de trabajo, al igual que en los CCP, dependen de sus características constructivas y de los parámetros de rendimiento.



Figura 5: Sistema lineal Fresnel. Fuente [4]

Las principales diferencias con respecto a los CCP son:

- Resulta más sencillo construir espejos planos que curvos, aunque su ensamblaje “in situ” es más complejo, al tener que curvar cada uno de los espejos individualmente.
- Precisan superficies algo menores de implantación ya que no existen tantos problemas de sombreado entre filas de colectores.
- La calidad de los espejos reflectores de los Fresnel no suele ser tan elevada como en el caso de los CCP y su limpieza, dependiendo del tipo de colector, puede ser más sencilla que en el caso de los CCP.
- Los colectores de Fresnel están también menos expuestos a la acción del viento por lo que sus estructuras resultan más sencillas y ligeras.
- La posición fija del tubo absorbedor evita la necesidad de articular las uniones hidráulicas y, por tanto, reducen los problemas de estanqueidad.
- Los concentradores suelen tener una altura elevada respecto a la posición del reflector, del orden de los 4 o 5 metros, lo que supone mayores pérdidas al final del colector (parte de los rayos incidentes en la zona final del reflector se pierde al ser reflejada).

Actualmente existen numerosas líneas de investigación y mejora de la tecnología Fresnel [5]. Algunos fabricantes europeos están realizando grandes esfuerzos de investigación y desarrollo para conseguir mejores modelos, más eficientes y compactos. Su modularidad y compacidad son ideales para su instalación en azoteas de edificios industriales, cuentan con un peso por unidad de superficie reducido y un perfil de contacto al viento muy bajo. Por otro lado, los colectores se suministran como conjuntos prefabricados, ensamblados y calibrados durante su producción, lo que supone una reducción de los costes de montaje e instalación.

## 2.2. Tecnologías fotovoltaicas

Para el caso de las tecnologías fotovoltaicas existen también diversas tecnologías y materiales FV con distintas ventajas y desventajas como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 1: Resumen de tecnologías FV disponibles. Fuente [2]

	Silicio cristalino	Capas delgadas	Concentración (CPV)	3ª generación
				
Tipologías	Poli y mono	CdTe, CIGS y a-Si	CPV y HCPV	<i>Dye-sensitized cells</i> y células orgánicas
Eficiencia comercial	14-17%	10-12%	25-30%	5-6%
Madurez	+++	++	+	-
Cuota de mercado	~85%	~15%	~1%	~0,1%
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología madura</li> <li>• Buenas eficiencias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costes de producción bajos</li> <li>• Buen comportamiento ante alta Tª y luz indirecta</li> <li>• Versatilidad de módulos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencias muy altas</li> <li>• Costes optimizables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costes de producción potencialmente bajos</li> <li>• Versatilidad de módulos</li> <li>• Materias primas abundantes</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor margen en la reducción de costes</li> <li>• Dependencia del Si</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencias bajas</li> <li>• Dependencia de metales escasos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fases de desarrollo poco avanzada</li> <li>• Costes muy elevados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase de desarrollo muy prematura</li> <li>• Eficiencias bajas</li> </ul>

La tecnología que tiene una mayor cuota de mercado es el silicio cristalino (en sus dos variedades: policristalino y monocristalino), ya que tienen una eficiencia comercial relativamente alta y un alto grado de madurez. Entre sus desventajas destacan la dependencia del silicio y que existe un menor margen para la reducción de costes.

Las tecnologías de capa delgada (CdTe, CIGS y a-Si) han ganado en los últimos años una cuota de mercado importante ya que tiene unos costes de producción bajos, sus módulos son versátiles y tienen un buen comportamiento a altas temperaturas. Sus puntos débiles son que sus eficiencias no son aún suficientemente altas y que en ocasiones dependen de metales escasos en la naturaleza.

Existen otras dos tecnologías que tienen una muy pequeña participación en el mercado actual, pero que podrían tener un papel relevante en el futuro. Por un lado la tecnología de

concentración fotovoltaica ofrece las eficiencias comerciales más altas (25-30%). Por el momento sus mayores inconvenientes son los elevados costes debido a que aún está en las primeras etapas de su desarrollo. Y por el otro, las células de tercera generación (*Dye-sensitized cells* y células orgánicas) que prometen unos costes de producción potencialmente bajos a medida que se introduzcan en el mercado, ya que se construyen con materias primas abundantes y sus módulos son muy versátiles. Su principal desventaja es que por el momento sus eficiencias son muy bajas.



## 3. Análisis del potencial solar en la provincia de Almería

### 3.1. Estudio de los recursos solares de la provincia de Almería

Para el estudio del recurso solar, las principales herramientas serán los recursos GIS públicos disponibles como Global Solar Atlas, PVGIS y ADRASE con la herramienta QGIS.

El Global Solar Atlas (GSA) (<https://globalsolaratlas.info/map>) es un repositorio GIS (Geographical Information System) elaborado por la empresa Solargis y financiado por The World Bank y la International Finance Corporation, que busca proveer un acceso rápido y sencillo al recurso solar, para una rápida estimación del potencial fotovoltaico en todo el mundo con una resolución de unos 250m, lo cual es una resolución suficiente para el estudio a realizar, además de contar con datos como los tres tipos de radiación (global, difusa y directa) cuenta con otra serie de datos de interés como la temperatura, elevación, ángulo de inclinación óptimo y potencia eléctrica producida con energía fotovoltaica (mediante una serie de aproximaciones).

Por otro lado PVGIS (<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>) es una herramienta similar a GSA, respaldada por la comisión europea que ofrece una precisión similar a GSA, al estar validada con datos de estaciones de tierra distribuidas por toda Europa, aunque presenta una resolución algo menor, superando el kilómetro en sus mediciones.

Por último se dispone de ADRASE (<http://www.adrase.ciemat.es/>) que es una herramienta desarrollada por el Grupo de Radiación Solar del CIEMAT, que permite la consulta y descarga de datos de radiación solar, media mensual representativa de un largo periodo, en una resolución de 5x5 km, lo cual es una resolución bastante inferior a las dos herramientas anteriores, pero consta de la garantía de que está elaborado con datos de estaciones terrestres, asumiendo por tanto un menor error en la estimación.

Para el tratado de todos estos datos geográficos, es necesario un software especializado. En este caso se ha utilizado la herramienta QGIS (<https://www.qgis.org/es/site/>), que es una herramienta libre de código abierto reconocida en el sector para el tratado de mapas que permite realizar operaciones de identificación, clasificación, agrupamiento y cálculos avanzados con datos geolocalizados de cualquier naturaleza.

Las estimaciones de este recurso solar medido mediante satélite frente a los valores medidos en las diferentes estaciones meteorológicas de tierra está siendo una modalidad que se está imponiendo debido a la gran flexibilidad que ofrece este método, siendo el error entre ambas técnicas bastante bajo pudiéndose considerarse como una estimación veraz. Por lo tanto, para este trabajo se utilizará la base de datos GSA antes mencionada. Los mapas de radiación Global y Directa para la provincia de Almería serán los siguientes:

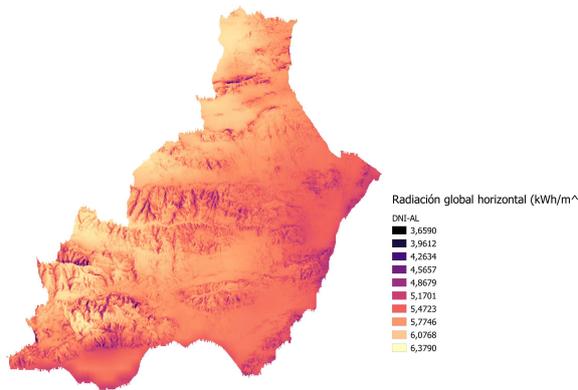


Figura 6: Radiación directa normal media diaria en la provincia de Almería. Fuente: Global Solar Atlas

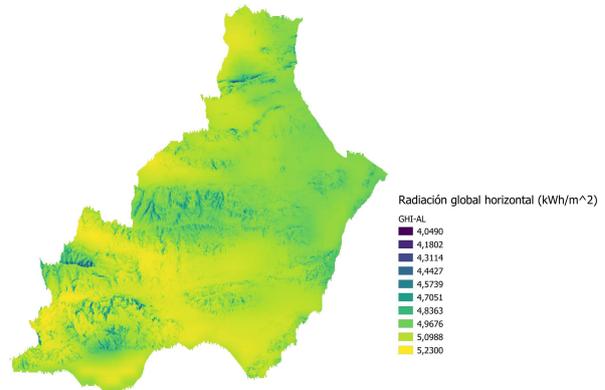


Figura 7: Radiación global horizontal media diaria en la provincia de Almería. Fuente: Global Solar Atlas

Se presentan en colores vivos las ubicaciones donde la radiación presenta los mayores valores de radiación dentro del espectro analizado, indicando que serán zonas muy favorables, a priori, para la implementación de fotovoltaica en el caso de la global, y de tecnologías de concentración para el caso de directa.

Ya que GSA es una base de datos externa y constituida, por registros georeferenciados de estimaciones indirectas, es de gran interés su validación con datos de estaciones meteorológicas situadas en la provincia de Almería. A tal fin, se va a representar la localización de las estaciones del RIA [28] disponibles en la provincia. Las estaciones se pueden ver en la Figura 8 y el análisis del error en la Tabla 2:

Tabla 2: Estudio del error del recurso Global Solar Atlas frente a las estaciones de tierra. Datos de radiación en kWh/m<sup>2</sup> día

Estación	Radiación tierra	Radiación GSA	Error absoluto	Error relativo
La Mojonera	5,28	5,09	0,19	3,53 %
Almería	5,21	5,13	0,08	1,61 %
Níjar	6,10	5,11	0,99	16,22 %
Tabernas	5,11	5,14	0,04	-0,70 %
Fiñana	5,20	5,14	0,06	1,18 %
Virgen de Fátima	5,01	5,02	0,01	-0,13 %
Huércal-Overa	5,03	5,03	0,00	0,05 %
Cuevas de Almanzora	4,86	5,00	0,14	-2,96 %
Tíjola	5,08	5,13	0,04	-0,85 %
Adra	5,04	5,05	0,01	-0,23 %
Níjar 2	4,96	5,10	0,13	-2,69 %
Tíjola 2	4,84	5,14	0,31	-6,36 %
Error medio:		3,11 %		

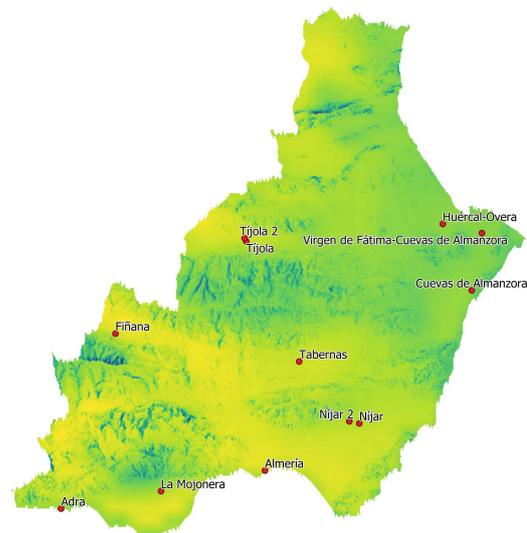


Figura 8: Estaciones agroclimáticas de la provincia. Elaboración propia con datos de [28]

Por lo que se puede asegurar que el Global Solar Atlas es una referencia válida para la estimación del recurso solar, con una precisión muy aceptable. El otro recurso GIS para la estimación solar es la base de datos ADRASE, que presenta una resolución mucho menor como se puede apreciar en la Figura 9:

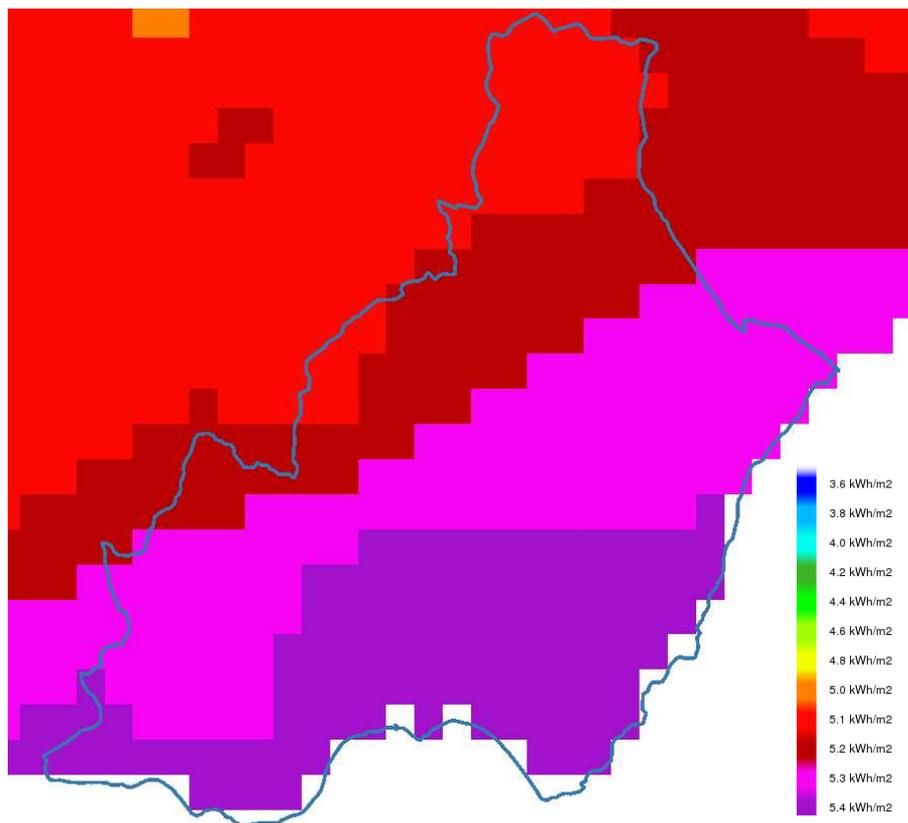


Figura 9: Capa ráster de radiación global proporcionada por ADRASE

## 3.2. Estudio del aprovechamiento solar en la provincia de Almería

### 3.2.1. Análisis de plantas solares de producción de energía

Una vez presentado y analizado el mapa del recurso solar de la provincia de Almería, es de gran interés establecer el nivel de explotación real del mismo, especialmente teniendo en cuenta que en términos comparativos es de los mayores de Europa. Dado que los datos agregados sobre aprovechamiento doméstico o comercial son difícilmente accesibles, se va a usar como referencia el análisis de las plantas de producción de electricidad solar existentes en la provincia a la fecha de realización de este trabajo. Recurriendo a recursos como el mapa de infraestructuras eléctricas de Andalucía o la Base Cartográfica Nacional [7], se pueden elaborar una serie de mapas como los de las figuras siguientes:

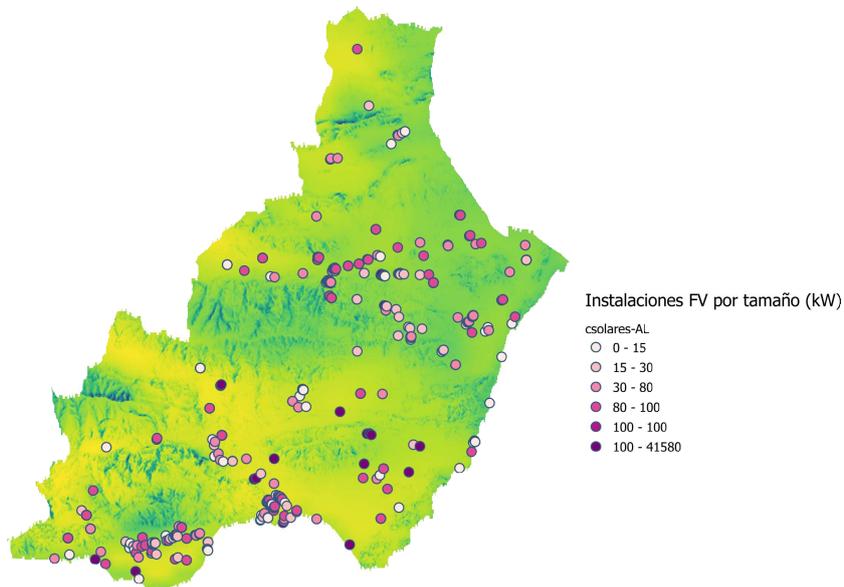


Figura 10: Centrales solares en Almería por tamaño. Fuente mapa de infraestructuras eléctricas de Andalucía (MIEA)[25]. Mapa de elaboración propia.

En la Figura 10 se presenta la ubicación de las centrales solares FV categorizadas en una escala de colores, correspondiéndose las de mayor oscuridad con las de mayor potencia. Sumando en total estas 623 centrales una potencia combinada de 211,09MW y una media de 338,82 kW, lo cual es un indicador de que ya se está explotando el recurso solar con éxito. Cabe destacar que todas estas centrales son de tipo fotovoltaico, no existiendo ninguna de tecnología termosolar exceptuando la central solar de experimentación perteneciente a la Plataforma Solar de Almería (PSA).

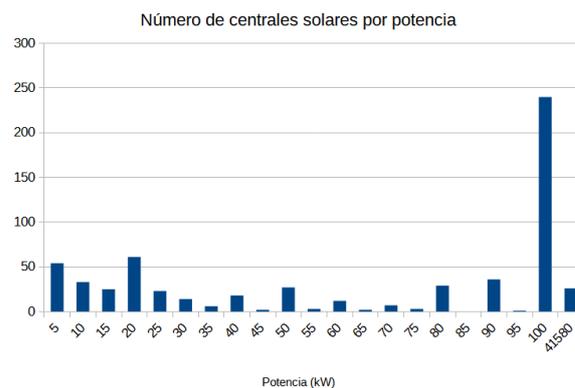
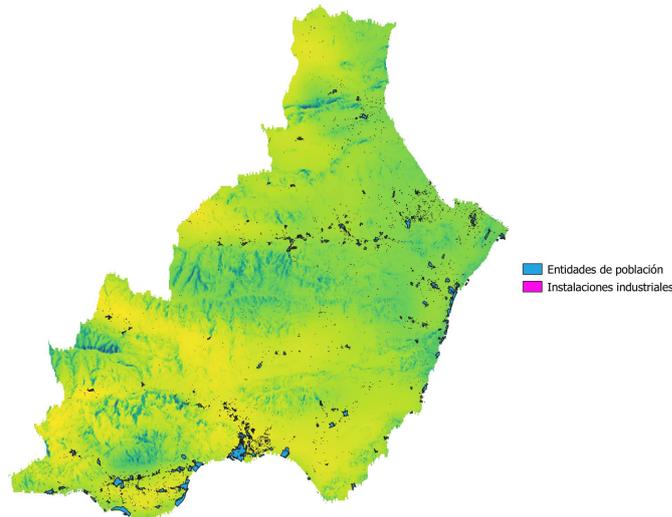


Figura 11: Histograma de potencias de centrales solares

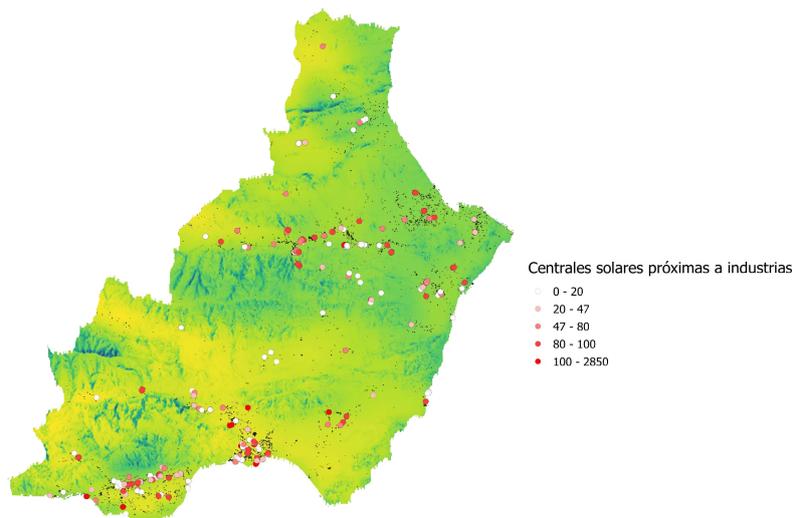
Ahora se va a estudiar cuántas de estas centrales se localizan a menos de 1km de los núcleos industriales con el fin de determinar si estas instalaciones se utilizan para la venta de energía

o para autoconsumo de las propias industrias. Se elabora el siguiente mapa representando las entidades de población frente a las zonas industriales para justificar que donde se encuentran las zonas industriales, suele haber zonas pobladas, lo que refuerza una de las motivaciones de este estudio. Se obtiene el siguiente mapa de entidades de población:



*Figura 12: Zonas pobladas frente a zonas industriales. Elaboración propia con datos de [7]. Ampliación en anexo.*

Presentadas las figuras 10 y 12, se construye el mapa que representa todas las instalaciones fotovoltaicas que cumplen con el criterio de proximidad inferior a 1 kilómetro de una instalación industrial:



*Figura 13: Centrales FV próximas a zonas industriales. Elaboración propia con datos de [25]. Ampliación en anexo.*

Comparando las cifras anteriores frente a los 383 resultados de esta búsqueda, se extrae que el 61,5% de las centrales fotovoltaicas de la provincia se localizan próximas o sobre industrias. Hay que tener en cuenta que estos datos son de 2019 y en este año se ha producido un gran cambio de paradigma con la entrada en vigor del RD 244/2019 del 5 de Abril [8] que facilita y fomenta la aparición de productores de energía a pequeña escala, lo que implica que podría haber pequeñas industrias que pueden quedar fuera de este registro, ya que con la entrada en vigor de este real decreto, no es necesario que los productores de energía de menos de 15 kW de potencia instalada soliciten el acceso a red, donde quedarían reflejados en la figura anterior.

Por todo lo anterior, existe una oportunidad para la implementación de renovables, pero lo que se persigue en este trabajo no es tanto el buscar una ubicación para nuevas plantas, si no, en industrias ya construidas, estudiar la viabilidad de instalaciones solares para suplir demandas energéticas, tanto eléctricas, como térmicas. Como objetivo adicional, estas plantas objetivo serán aquellas alejadas de centros industriales (polígonos), lo que podría suponer un atractivo añadido para incentivar la economía de las pequeñas poblaciones para frenar y combatir el éxodo rural. Un ejemplo de interés en este sentido puede ser el constituido por las industrias agroalimentarias pertenecientes a la marca gourmet “Sabores de Almería<sup>1</sup>” ya que las incluidas en esta iniciativa que tengan una naturaleza productiva o industrial son potenciales beneficiarias de esta propuesta.

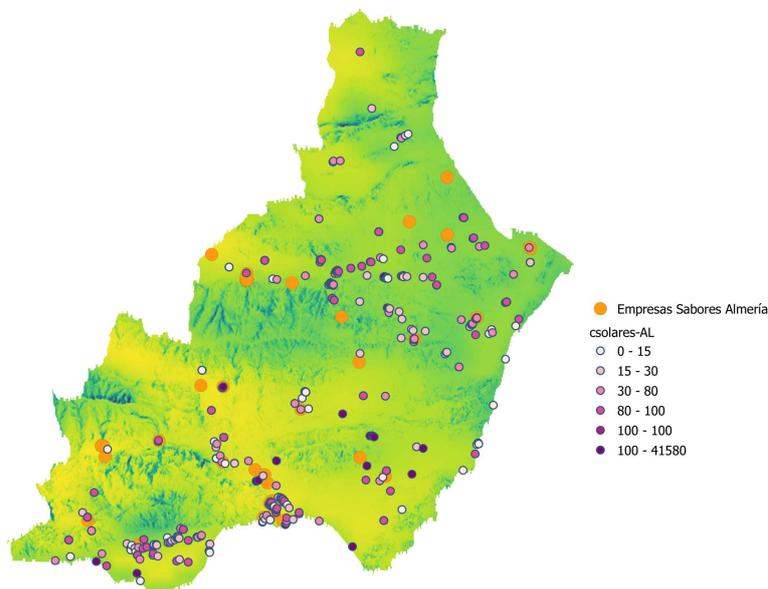


Figura 14: Empresas “Sabores de Almería” vs centrales FV

1 Sabores de Almería [9] representa a un conjunto de empresas de naturaleza agroalimentaria dentro de la provincia y cuyo objetivo es conservar y difundir las tradiciones artesanales en la elaboración de los productos gastronómicos propios de la provincia de estudio.

Como se puede ver, algunas de estas empresas parecen disponer de centrales FV pero es necesario un estudio de campo para corroborar los datos del mapa.

### 3.2.2. Discriminación geográfica del potencial aprovechamiento solar en la provincia de Almería

El análisis a nivel provincial es excesivamente genérico y no da una idea acertada de los recursos disponibles y las explotaciones que suelen ocupar cada zona, por lo que ahora se va a realizar un análisis pormenorizado tomando como unidad de análisis las comarcas culturales: Los Vélez, Alanzora, Levante, Campo de Tabernas, Las Alpujarras, Almería y Poniente. Se podría realizar un estudio a nivel municipal, pero debido a la similitud entre municipios convivientes en la misma comarca, se va a asumir este análisis para no extender en gran medida este trabajo.

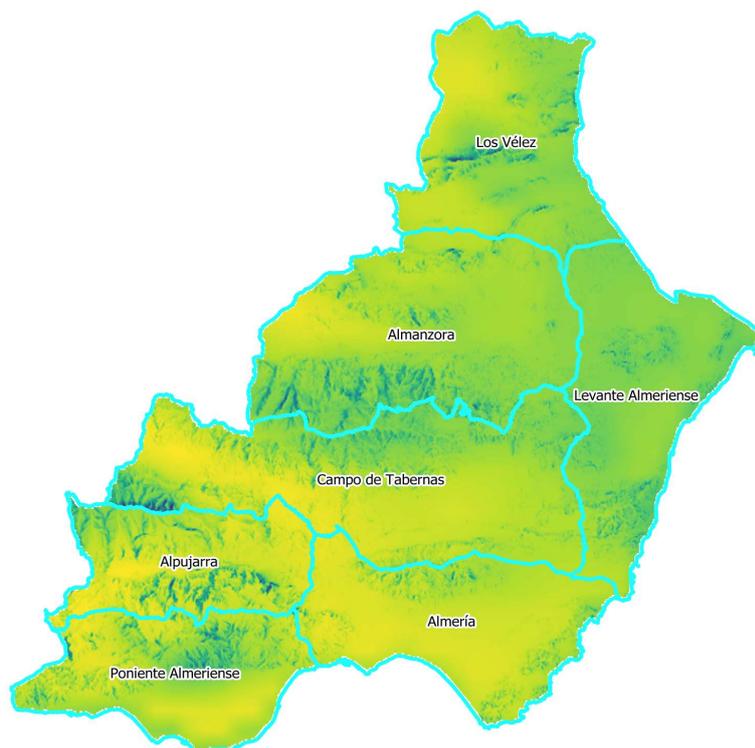
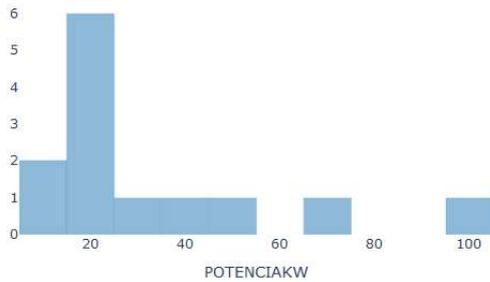


Figura 15: Comarcas culturales de la provincia de Almería

**Comarca de Los Vélez:**

<b>Centrales</b>	<b>13</b>
Potencia media	32,51
Potencia máxima	99
<b>Potencia total</b>	<b>422,7</b>



Potencia instalada centrales solares (kW)

- 0 - 15
- 15 - 30
- 30 - 80
- 80 - 100
- 100 - 100
- 100 - 41580

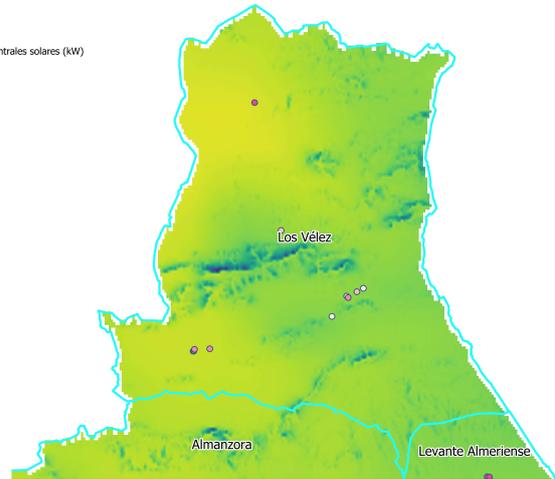
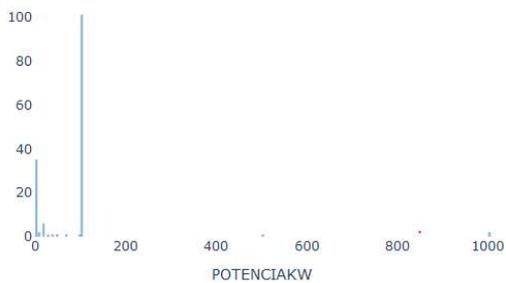


Figura 16: Análisis FV de la comarca del Almanzora

La comarca de los Vélez, a pesar de ser una de las comarcas que mejor orografía ofrece al ser en la mayoría de su territorio un altiplano, es la comarca que menos centrales y menos potencia total acumula, esto es así porque la mayoría de su territorio está destinado al cultivo de cereales y frutos de secano como el almendro [10]. El hecho de que sólo cuente con dos núcleos de población importantes (Vélez-Rubio y Vélez-Blanco), junto con la cercanía a la comunidad autónoma de Murcia por la A92-N, hacen que no sea un lugar muy propicio para el desarrollo de industrias y por ende de instalación de centrales solares.

**Comarca del Almanzora:**

<b>Centrales</b>	<b>139</b>
Potencia media	90,89
Potencia máxima	994,5
<b>Potencia total</b>	<b>12634,2</b>



Potencia instalada centrales solares (kW)

- 0 - 15
- 15 - 30
- 30 - 80
- 80 - 100
- 100 - 100
- 100 - 41580

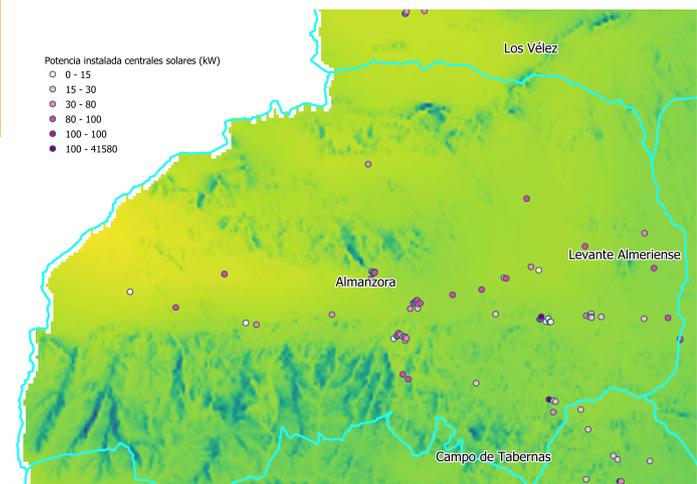


Figura 17: Análisis FV de la comarca del Almanzora

La comarca del Almanzora es una de las comarcas que mayor abundancia de centrales ofrece, esto es así porque es el mayor núcleo industrial al norte de la provincia y se encuentra lo suficientemente alejado de los núcleos industriales de Murcia y Granada como para necesitar un desarrollo autónomo. Todo esto viene impulsado por influencia de una gran empresa como es Cosentino y toda la industria auxiliar derivada de la misma que puede suplir sus demandas energéticas mediante el recurso solar, ya que la orografía solo resulta abrupta en la zona sur, donde se encuentra la espalda de Sierra de Filabres – Sierra de Baza. También cabe destacar que la mayoría de estas centrales, siguen la trayectoria de la carretera A-334, que es la vía que atraviesa toda la comarca de forma horizontal, uniéndola con Baza y el Levante Almeriense.

**Comarca del Campo de Tabernas:**

<b>Centrales</b>	<b>97</b>
Potencia media	1102,82
Potencia máxima	41580
<b>Potencia total</b>	<b>106974</b>

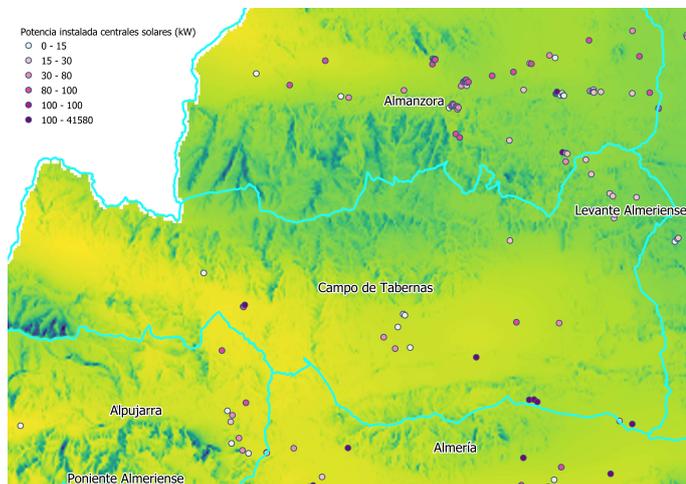
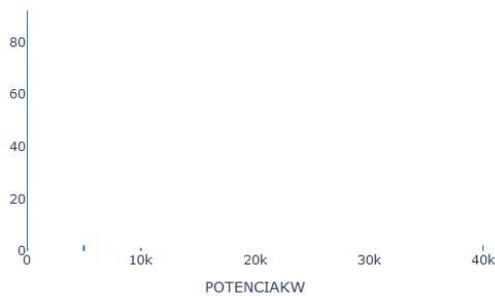


Figura 18: Análisis FV de la comarca del Campo de Tabernas

La comarca del Campo de Tabernas es la comarca que mayor potencia total instala, suponiendo un 52,13% de la potencia total instalada. Esto se ve claro en el histograma y es debido a que instala varias centrales de 10MW y dos de 40MW, siendo esta la mayor central de toda la provincia. Esto es así debido a la alta disponibilidad del suelo, recurso solar y baja incidencia de precipitaciones sobre la comarca, gracias a la presencia del desierto de Tabernas.

### Comarca de Las Alpujarras:

<b>Centrales</b>	<b>53</b>
Potencia media	3720,4
Potencia máxima	100
<b>Potencia total</b>	<b>422,7</b>

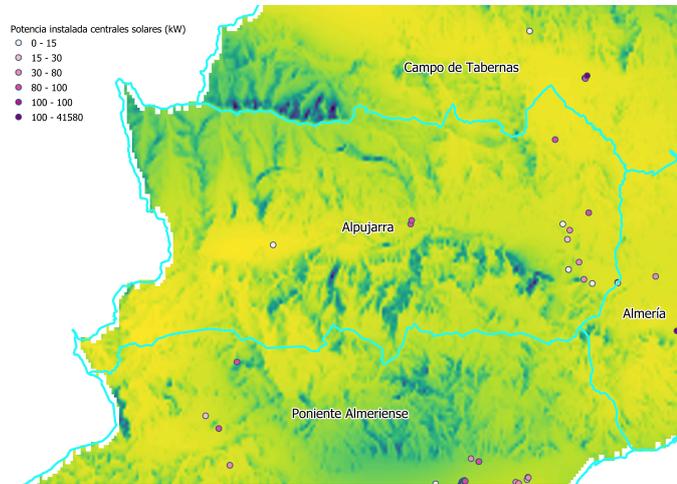
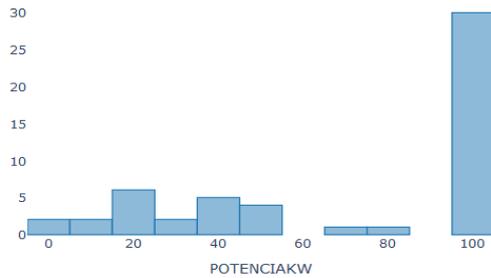


Figura 19: Análisis FV de la comarca de Las Alpujarras

La comarca de Las Alpujarras cuenta con una orografía complicada: se encuentra adosada entre las sierras de Filabres y de Gádor, además de la presencia del río Andarax, por lo que la única alternativa para la implantación de centrales fotovoltaicas es sobre industrias que son casi inexistentes. Las centrales que se encuentran en el centro se corresponden a las de las instalaciones de la almazara de Canjáyar y una pequeña fotovoltaica de 10kW en Laujar de Andarax, el resto de centrales se encuentran anexas a la carretera A-1075, siendo esta vía la que comunica Alhama de Almería con Alsodux y Alhabia, donde se encuentra el parque fotovoltaico de las Utreras con 18 secciones de 100kW y más al norte de este parque se encuentra el de la agrupación fotovoltaica “Monjas de la Atalaya” con 3 secciones de 100kW.

### Comarca del Poniente Almeriense:

<b>Centrales</b>	<b>146</b>
Potencia media	84,18
Potencia máxima	500
<b>Potencia total</b>	<b>12290,5</b>

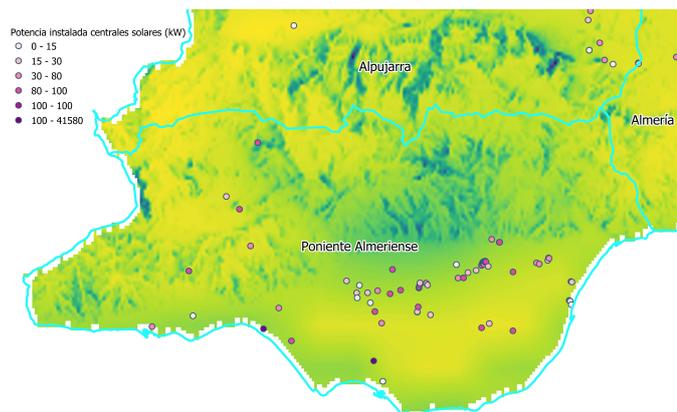
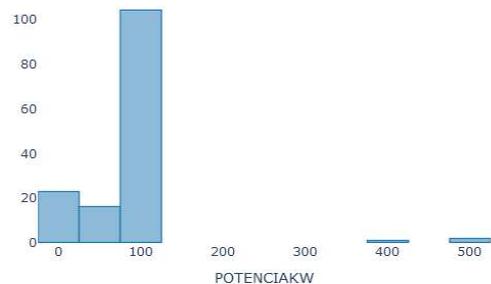


Figura 20: Análisis FV de la comarca del Poniente Almeriense

La comarca del poniente Almeriense es una de las comarcas más importantes de toda la provincia debido a su importancia a nivel mundial en cuanto a producción de fruta y hortaliza [11]. Su orografía es complicada, ya que la zona norte está acotada por la Sierra de Gádor y la zona sur está ocupada completamente por las explotaciones agrícolas del campo de Dalías, por lo que el único suelo disponible se encuentra en las inmediaciones de la autovía A-92, que es donde se encuentran ubicadas la mayoría de las industrias pertenecientes a esta comarca. Destacan las centrales de 400 y 500kW, próximas a la línea de costa sobre la cubierta de industrias pertenecientes a cooperativas para el procesado y venta de productos agroalimentarios.

**Comarca de Almería:**

<b>Centrales</b>	<b>106</b>
Potencia media	55,81
Potencia máxima	100
<b>Potencia total</b>	<b>5916,26</b>

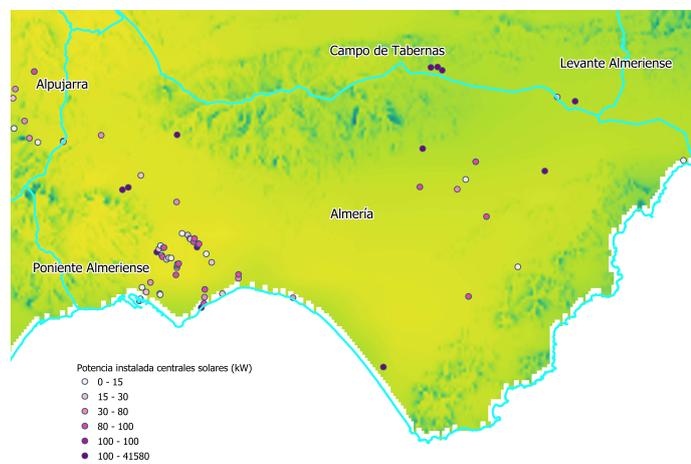
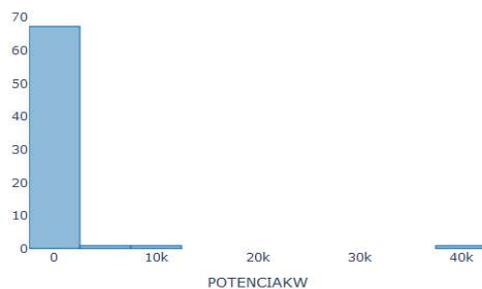


Figura 21: Análisis FV de la comarca de Almería

La comarca de Almería cuenta con el mayor núcleo industrial de la provincia por ser capital de la misma y supone tras el Campo de Tabernas el mayor contribuyente a la suma de potencia solar. La mayoría de potencia instalada se encuentra próxima a tres principales polígonos, ya que la mitad sureste de la comarca está protegida por el parque natural de Cabo de Gata y orientada al sector turístico, por lo que las instalaciones quedan relegadas a estas zonas salvo algunas excepciones ubicadas al centro y norte del municipio de Níjar entre invernaderos.

**Comarca del Levante Almeriense:**

<b>Centrales</b>	<b>106</b>
Potencia media	55,81
Potencia máxima	100
<b>Potencia total</b>	<b>5916,26</b>

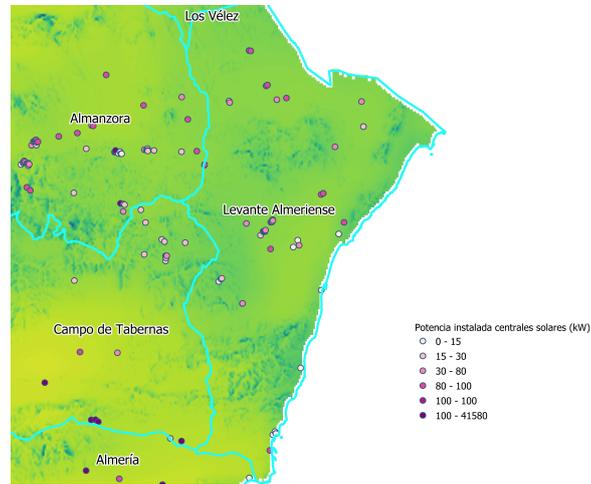
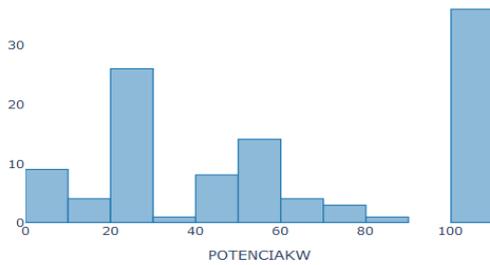


Figura 22: Análisis FV de la comarca del Levante Almeriense

La comarca del levante Almeriense tiene un marcado carácter turístico, debido a su riqueza paisajística, aunque en la zona norte presenta un carácter más industrial por la influencia de la comunidad autónoma vecina y el paso de la A-334 desde la comarca del Almanzora. Por ello las mayores instalaciones, dentro de lo pequeñas que son las que se localizan en esta comarca, se localizan en la zona norte. Destaca la agrupación de “Los pocicos”, próxima al embalse de Cuevas del Almanzora, con una potencia conjunta de 800kW, diversificada en 8 centrales. También destaca el polígono industrial de Antas, constando con 11 instalaciones sobre la cubierta de las empresas explotadoras, con una potencia media instalada de 50kW.

Cabe destacar de nuevo que todas estas instalaciones son de naturaleza fotovoltaica. Observando el mapa de la Figura 6 se observa que la alta incidencia de radiación directa sobre el terreno presenta un potencial para aplicaciones de concentración solar para industrias (de ahora en adelante SHIP, de sus siglas en inglés Solar Heating for Industrial Processes) que podrían ser de aplicación en alguno de estos casos, ya que en la mayoría de las industrias del procesado de alimentos (auxiliar de la industria del cultivo intensivo bajo plástico) se necesita variar la temperatura del producto. Esto se puede conseguir mediante tecnologías de concentración para la producción de calor o tecnologías de absorción para la producción de frío, no siendo necesaria la conversión de un tipo de energía a otra (de eléctrica a térmica en el caso de FV o de química a térmica en el caso de la quema de combustibles). La causa a la que se debe la carencia de instalaciones de termosolar es incierta, pero se puede deber a diversos factores como la facilidad de gestión y no gran inversión de las instalaciones FV, la imposibilidad de realizar inversiones a largo plazo, como puede ser una instalación de concentración o el bajo coste de los combustibles fósiles, a expensas de sus efectos climáticos.

En el siguiente apartado se van a desarrollar una serie de casos de estudio sobre industrias tipo en la provincia, sobre los que se realizará un estudio de implantación de tecnologías SHIP junto con FV para suplir la demanda energética y demostrar que esta serie de tecnologías son una alternativa a las instalaciones energéticas de combustión y que además de ser más limpias ofrecen una rentabilidad a medio plazo mayor.



## 4. Localización y caracterización energética de micro-industrias aisladas

### 4.1. Fuentes de datos de actividad industrial

Como se ha visto la presencia de la energía solar es importante, especialmente para el caso de las plantas de producción fotovoltaica por ofrecer una solución de fácil integración y dimensionado. Sin embargo, este trabajo se busca dar un impulso adicional a esta situación a través de distribuidas y sistemas de concentración solar para producción de calor en industrias agroalimentarias, ya que son grandes consumidoras de electricidad y calor. A fin de establecer los posibles candidatos a la implementación de este tipo de instalaciones, pueden consultarse diversas fuentes de datos de acceso público como es el GRIA (<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/gria/>) u otras de acceso restringido como SABI (<https://sabi.bvdinfo.com/version-2021531/home.serv?product=SabiNeo>), además de otras fuentes de datos conocidas como es la ya adelantada marca “Sabores de Almería”.

GRIA es el registro de Industrias Agroalimentarias elaborado y mantenido por la Conserjería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. Este registro es una herramienta de acceso público donde se pueden extraer relaciones de industrias por provincias, municipios y clasificarlos en función de su actividad económica, lo que la hace una herramienta muy conveniente para el trabajo que se desea desempeñar. Por otro lado, también se dispone acceso a la base de datos SABI que es una base de datos cuyas siglas significan “Sistema de Análisis de Balances Ibéricos”. En esta existe un registro de casi todas las empresas dentro del ámbito de estudio y consta de características adicionales como descripciones detalladas de la actividad económica desempeñada o datos de facturación anuales de las empresas, que son datos de gran interés para trabajos de esta naturaleza.

Con los datos de GRIA se georreferenciaron las empresas en QGIS, pero esta base de datos es muy escasa, ya que sólo proporciona la localización de la empresa, su razón social y código alfanumérico en función de la actividad que desempeña cada empresa, no facilitando datos de interés como superficie de la industria, facturación anual, potencia eléctrica contratada, etc, que son datos que se tuvieron que añadir posteriormente mediante la consulta de otras bases de datos como la mencionada SABI o en el caso de industrias que constaran con centrales fotovoltaicas anexas, el MIEA. En este trabajo se ha realizado un clasificado más detallado en función de su actividad principal (código CNAE) por colores para facilitar una rápida interpretación del tipo de industrias predominantes en cada zona de la provincia como se puede ver en la Figura 23:

### Industrias Agroalimentarias de Almería

- Enológicas, alcoholes y bebidas alcohólicas
- Industrias de aceites y grasas vegetales
- Industrias de molinería, harinas y derivados
- Industrias del pan, pastelería y aperitivos
- Elaboración de preparados alimentarios
- Industrias lácteas
- Industrias cárnicas
- Huevos y ovoproductos
- Piensos, granos y semillas
- Industrias de azúcar, mieles y ceras
- Industrias forestales
- Industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos
- Industrias de frutas y hortalizas frescas
- Industrias del pan, pastelerías y aperitivos
- Industrias de zumos
- Industrias de manipulación y conservación

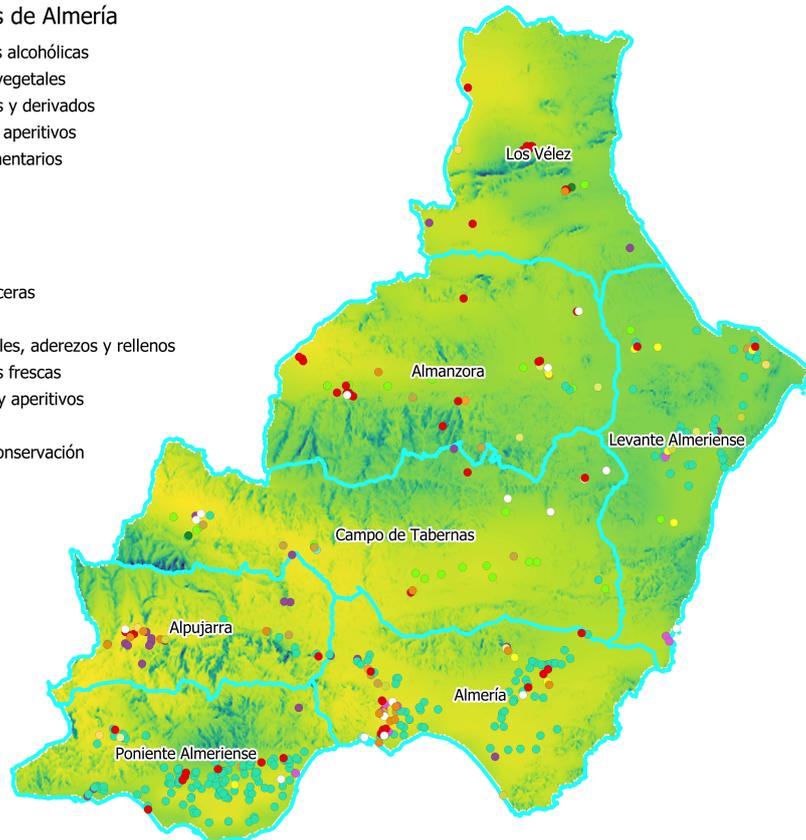


Figura 23: Mapa de industrias agroalimentarias clasificadas según su naturaleza. Fuente: Elaboración propia con datos del GRIA [27].

Como se puede ver a simple vista, en la zona sur (comarcas del Poniente y Almería) existe un fuerte predominio y densidad de la industria hortofrutícola, habiendo cierta presencia también en el levante pero con menor presencia. En cambio en el interior, a parte de existir una densidad mucho menor, se distingue claramente el predominio de cada tipo de industria en cada comarca: En la Alpujarra las enológicas, alcoholes y bebidas alcohólicas; en los campos de Tabernas las industrias de aceites y grasas vegetales; y en Los Vélez y Almanzora una mayor presencia de las industrias cárnicas. También existe un diseminado entre estas últimas comarcas de industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos.

## 4.2. Discriminación geográfica de actividad industrial

El objetivo de este apartado es establecer el tipo industria predominante en cada comarca para focalizar el análisis sobre los resultados. Una estadística elemental aporta lo siguiente:

### Comarca de Los Vélez

<b>Número de industrias</b>	<b>25</b>
Población (habs)	11000
Superficie (km <sup>2</sup> )	1145
Densidad de población (habs/km <sup>2</sup> )	9,76
Densidad industrial (ind/km <sup>2</sup> )	0,02
<b>Industria predominante</b>	<b>Cárnica</b>
<b>Número</b>	<b>14</b>
<b>Fracción (%)</b>	<b>56,0</b>

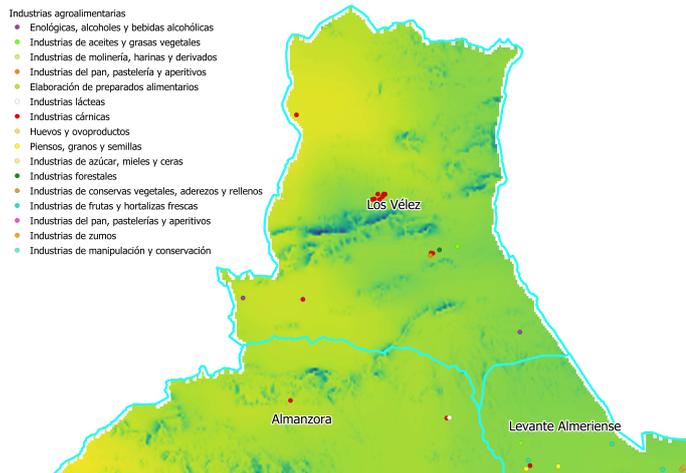


Figura 24: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca de Los Vélez

La comarca de Los Vélez, por su carácter frío y de mayor altitud presenta una vocación cárnica gracias a su climatología. También destaca la zona noroeste de la comarca por ser un terreno llano con bastantes explotaciones de cereal pero que cuyas empresas explotadoras no quedan registradas en el GRIA. No es conocido si se debe a que las empresas se localizan en otras provincias o comunidades autónomas.

### Comarca del Almanzora:

<b>Número de industrias</b>	<b>42</b>
Población (habs)	50000
Superficie (km <sup>2</sup> )	1630
Densidad de población (habs/km <sup>2</sup> )	30,69
Densidad industrial (ind/km <sup>2</sup> )	0,026
<b>Industria predominante</b>	<b>Cárnica</b>
<b>Número</b>	<b>20</b>
<b>Fracción (%)</b>	<b>47,6</b>

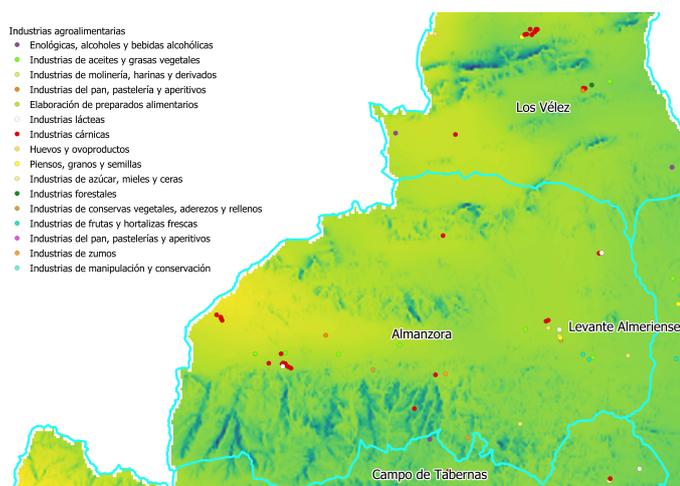


Figura 25: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Almanzora

La comarca del Almanzora presenta unas condiciones climatológicas similares a la de la comarca de Los Vélez, aunque algo más moderadas, por lo que se encuentran industrias cárnicas con facilidad. En cambio aquí existe una mayor variedad. Por ejemplo en la mitad este de esta comarca afloran industrias relacionadas con el cultivo de árboles: almendreras y aceituneras, ya que la proximidad con el levante favorece el cultivo de estas plantas.

### Comarca del Campo de Tabernas:

<b>Número de industrias</b>	<b>42</b>
Población (habs)	17000
Superficie (km <sup>2</sup> )	1856
Densidad de población (habs/km <sup>2</sup> )	9,21
Densidad industrial (ind/km <sup>2</sup> )	0,023
<b>Industria predominante</b>	<b>Almazara</b>
<b>Número</b>	<b>14</b>
<b>Fracción (%)</b>	<b>30,0</b>

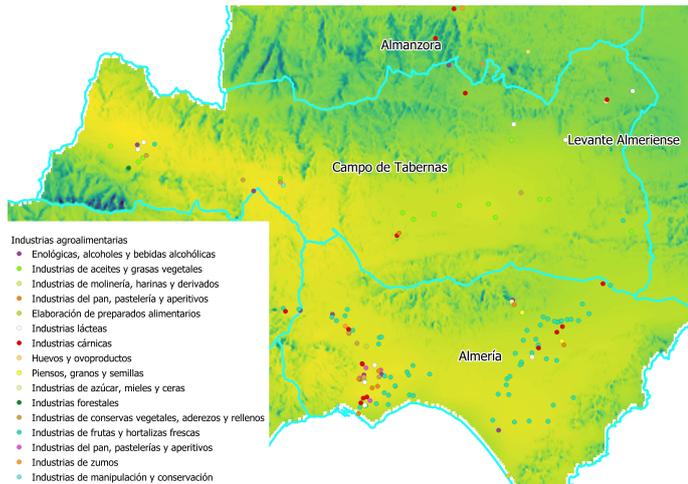


Figura 26: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Campo de Tabernas

La comarca del Campo de Tabernas cabe destacar que es la comarca que mayor variedad de industrias presenta, siendo mayoritarias las almazaras. Esto es así debido al fuerte carácter seco de la comarca.

### Comarca de Las Alpujarras:

<b>Número de industrias</b>	<b>39</b>
Población (habs)	14200
Superficie (km <sup>2</sup> )	814
Densidad de población (habs/km <sup>2</sup> )	17,53
Densidad industrial (ind/km <sup>2</sup> )	<b>0,048</b>
<b>Industria predominante</b>	<b>Bodega</b>
<b>Número</b>	<b>14</b>
<b>Fracción (%)</b>	<b>35,9</b>

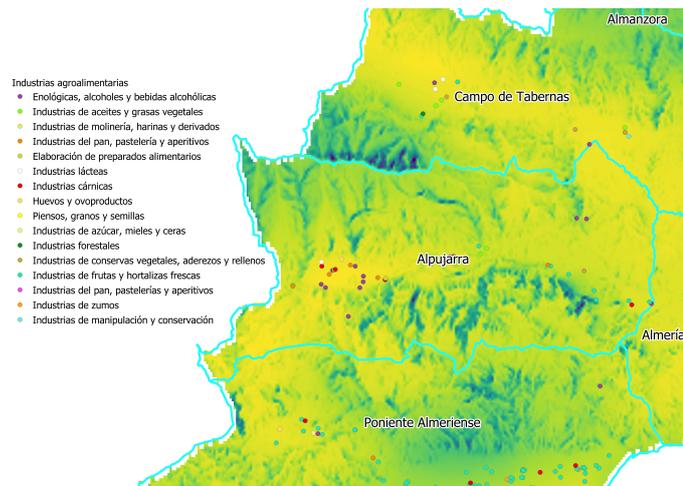


Figura 27: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca de Las Alpujarras

La comarca de las Alpujarras presenta un distintivo único dentro de todas las comarcas, ya no solo por su orografía ya indicada en el apartado anterior, sino por su riqueza y fertilidad de suelo, todo ello debido al Andarax. Esto hace que sea una comarca propicia para el cultivo de vides, como se puede ver claramente en la zona occidental de la comarca, mientras que la zona más oriental presenta un mayor cúmulo de industrias dedicadas a la fruta y hortaliza fresca.

**Comarca del Poniente Almeriense:**

<b>Número de industrias</b>	<b>147</b>
Población (habs)	261000
Superficie (km <sup>2</sup> )	971
Densidad de población (habs/km <sup>2</sup> )	268,51
Densidad industrial (ind/km <sup>2</sup> )	<b>0,151</b>
<b>Industria predominante</b>	<b>Hortofrutícola</b>
<b>Número</b>	<b>126</b>
<b>Fracción (%)</b>	<b>85,7</b>

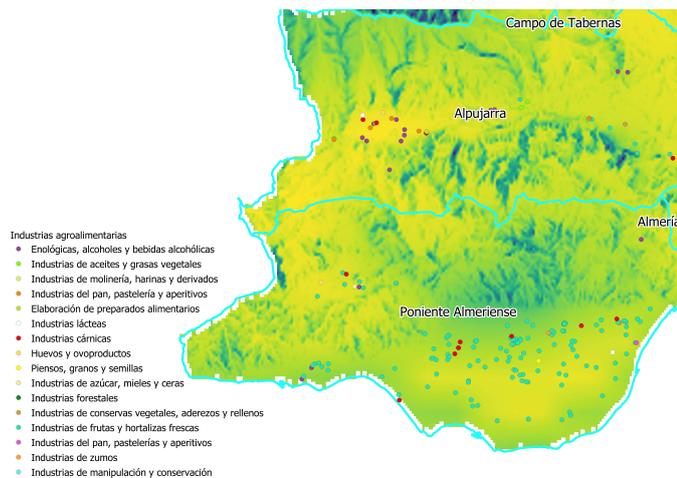


Figura 28: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Poniente Almeriense

La comarca del Poniente Almeriense es conocida como la huerta de Europa, siendo la comarca con más industrias agroalimentarias de toda la provincia, con la inmensa mayoría dedicada al cultivo de fruta y hortaliza fresca [11]. Existe alguna industria cárnica pero su peso en este análisis es mínimo.

### Comarca de Almería:

<b>Número de industrias</b>	<b>106</b>
Población (habs)	266000
Superficie (km <sup>2</sup> )	1159
Densidad de población (habs/km <sup>2</sup> )	229,73
Densidad industrial (ind/km <sup>2</sup> )	<b>0,091</b>
<b>Industria predominante</b>	<b>Hortofrutícola</b>
<b>Número</b>	<b>62</b>
<b>Fracción (%)</b>	<b>58,5</b>

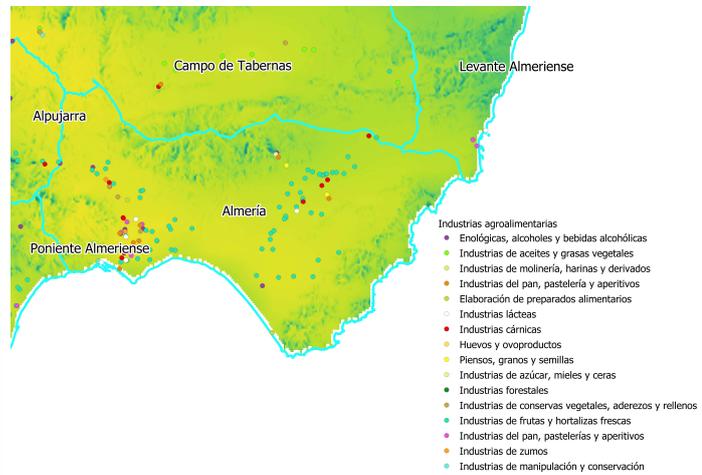


Figura 29: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca de Almería

La comarca de Almería también cuenta con una fuerte industria agroalimentaria dedicada al cultivo de fruta y hortaliza fresca, aunque existe una mayor variedad de industrias en las inmediaciones de la N-340, donde se encuentran industrias de congelados, de salazones, panificadoras y conserveras entre otras.

### Comarca del Levante Almeriense:

<b>Número de industrias</b>	<b>58</b>
Población (habs)	74000
Superficie (km <sup>2</sup> )	1199
Densidad de población (habs/km <sup>2</sup> )	61,63
Densidad industrial (ind/km <sup>2</sup> )	<b>0,048</b>
<b>Industria predominante</b>	<b>Hortofrutícola</b>
<b>Número</b>	<b>34</b>
<b>Fracción (%)</b>	<b>58,6</b>

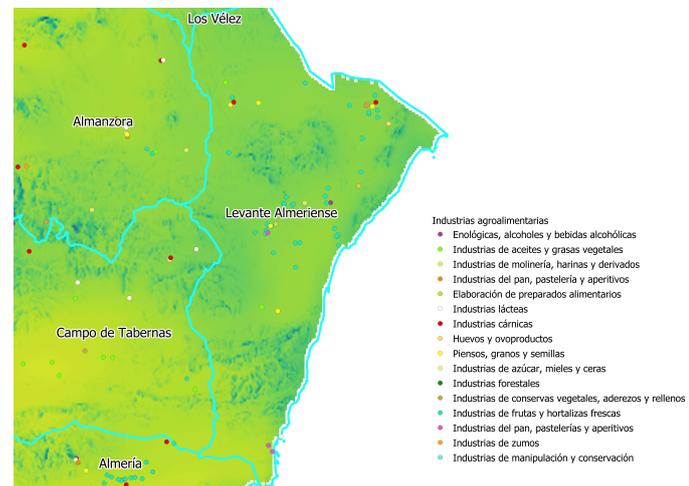


Figura 30: Análisis de actividades agroalimentarias en la comarca del Levante Almeriense

La comarca del Levante Almeriense presenta una tendencia similar a la de las otras comarcas litorales, con una diferencia fundamental, al ser estos cultivos en su mayor parte al aire libre y de producciones de suelo (lechuga, sandía, melón, etc). Al igual que en las demás, también existe una cierta diseminación de otras industrias pero sin una tendencia dominante.

### 4.3. Selección y caracterización de industrias tipo

Con todos los datos anteriores analizados, se va a proceder a diseñar una serie de industrias tipo, predominantes en algunas comarcas. Para estudiar la viabilidad de la implantación de sistemas solares, tanto FV como SHIP para el tipo de industria seleccionado, con el fin de discernir si estas tecnologías pueden ser de aplicación en las industrias o en cambio deberían de quedar relegadas a situaciones donde los condicionantes sean más exigentes (niveles de emisiones, impacto medioambiental, etc). De este análisis se van a excluir las industrias de frutas y hortalizas frescas, ya que presentan una naturaleza tan variada que se necesitaría una clasificación más específica para poder elaborar una serie de industrias representativas dentro de esta denominación. Con todo esto, los tipos de empresa más representativas se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3: Resumen del tipo de industrias seleccionadas con sus características principales

Tipo de industria	Código CNAE-93	Consumo de electricidad (MWh)	Consumo de combustibles (MWh)	Superficie disponible en cubierta (m <sup>2</sup> )
Cárnica	151	1250,63	824,2	2760,3
Enológica y de bebidas alcohólicas	159	791,6	544,7	2538,3
Aceites y grasas vegetales	154	1907,52	434,97	848,55
Industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos	153	3149,56	1167,2	1459,84

Este informe proporciona una primera aproximación que permite establecer, por ejemplo, el porcentaje de energía de cada tipo que se necesita para cada tipo de industria. En cualquier caso, más que los valores absolutos, sujetos a un requisito de actualización periódica, a la hora del dimensionado de sistema, será necesario realizar un análisis más detallado en cuanto a estacionalidad y distribución en el tiempo de las cargas, tanto térmicas como eléctricas para que el resultado de dicho dimensionado realmente se adapte a la naturaleza dinámica tanto del recurso solar como de la propia demanda energética.

### 4.3.1. Industrias cárnicas

Este tipo de industria se caracteriza por presentar una demanda constante a lo largo del año porque se consume carne durante todo el año, aunque su consumo energético varía, al variar la diferencia de temperaturas necesaria entre las diferentes épocas del año, lo que implica un ligero incremento de la demanda energética en la conservación y elaboración de productos.

#### Procesos y perfil de demandas energéticas

Como se puede ver el perfil de consumos es completamente llano tanto en las escalas mensual como semanal, no trabajándose como norma general ni sábados ni domingos. Analizando la gráfica procesos y temperatura de procesos se extrae que todos los procesos trabajan con temperaturas medias bajas, siendo la excepción la fase de flameado para eliminar impurezas de la piel.

Con estos datos, junto con otros localizados dentro de [6] se pueden caracterizar las demandas energéticas de una industria cárnica tipo, repartiendo todo el consumo de la provincia de forma uniforme a lo largo del año, siendo los consumos energéticos diarios los siguientes: 4738,08kWh térmicos y 3122 kWh eléctricos.

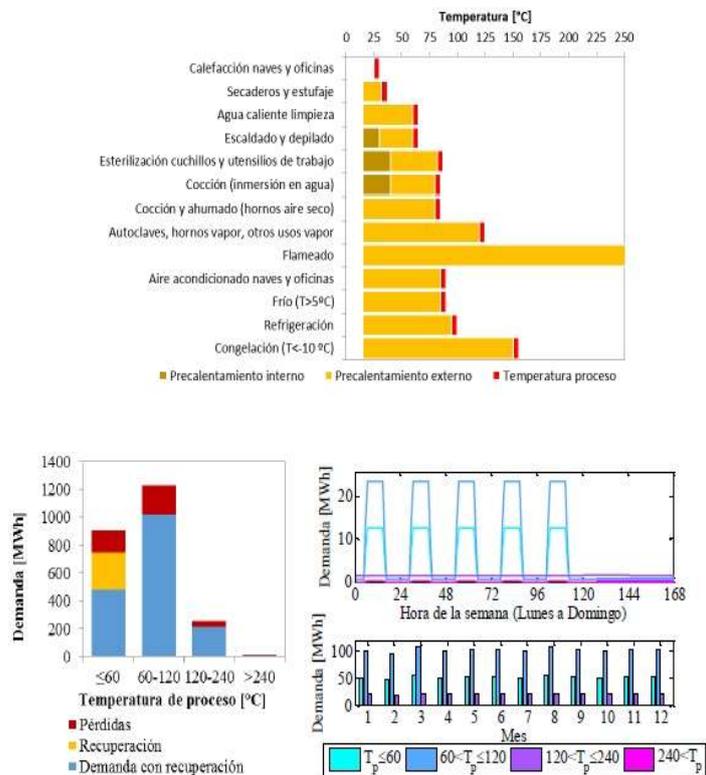


Figura 31: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias cárnicas.

Fuente: Evaluación del potencial de la energía solar térmica en el sector industrial, IDAE 2011

Si se necesitara conocer el consumo horario, habría que distribuir el consumo diario entre las 8h diarias que se le presuponen a la industria productora, por tanto se obtendrían: 592,16kWh térmicos y 390,25kWh eléctricos. Dentro de los kWh térmicos no se distingue entre los destinados a producción de calor y los destinados a producción de frio, ya que se estima que si se supe la demanda de energía necesaria, se podrían instalar equipos de absorción que producirán frio mediante la adición de calor.

Una vez obtenidos estos datos, es necesario una validación de los mismos, ya que se ha hecho una extrapolación directa que quizás no es aplicable al caso de las micro-industrias que son objetivo de este trabajo. Para ello, se va a recurrir a los KPIs (key performance indicators) que son unos indicadores que relacionan la producción de la industria y su consumo energético, para este caso en concreto se encuentran los siguientes KPIs en [12]:

Los ingresos de la explotación media para este tipo de industria en la provincia de Almería, según la base de datos SABI, son de 1,76M€, suponiendo un precio de mercado 1.470€/tonelada de carne de porcino, que es la más representativa de la provincia, (<https://www.3tres3.com/cotizaciones-de-porcino/>, fecha de consulta 25/07/2021 ), resulta un total de 1200 toneladas de carne porcina media.

Aplicando los KPI, se obtiene un consumo de energía térmica de 831,6MWh y 679,2 MWh de energía eléctrica anuales. Transformando estas cifras anuales, a diarias, se obtiene lo siguiente: 128,81 kWh térmicos y 105,20kWh eléctricos , lo que resulta en cifras algo menores a las estimadas en la parte superior pero ubicadas en el mismo orden de magnitud, por tanto se puede asumir que los datos tomados son buenos estimadores.

### 4.3.2. Industrias enológicas y de bebidas alcohólicas

Este tipo de industrias se caracteriza por una fuerte estacionalidad, debido a que la época del cosechado de la uva comprende un periodo de tiempo muy breve, en cambio su consumo en época de mantenimiento es algo mayor que el de otras industrias estacionales como la olivadera, ya que el embotellado se produce de una forma más paulatina debido a que el vino necesita de ciertos tiempos para su maduración.

Las bodegas que se localizan dentro de la provincia de Almería, son de una naturaleza pequeña, lo que según [13] y [14] implica un consumo eléctrico promedio de 490,54MWh anuales, ofreciendo un consumo eléctrico en función de la producción de 16kWh/Tm

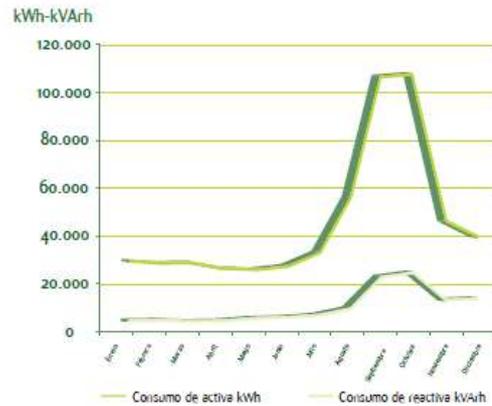


Figura 32: Representación de la estacionalidad mediante consumos eléctricos. Fuente [13]

### Procesos y perfil de demandas energéticas

El primer paso del proceso es la recepción de la vendimia y el despalillado. El consumo energético en estos procesos es eléctrico en su totalidad y se debe a la acción de los motores de la tolva y la despalilladora, y al aire comprimido del refractómetro utilizado para la toma de muestra de los remolques, así como de los equipos necesarios para medir los parámetros de calidad de la uva recepcionada.

El siguiente proceso es la fermentación alcohólica. El consumo energético en esta fase es eléctrico y se debe a las bombas que mueven

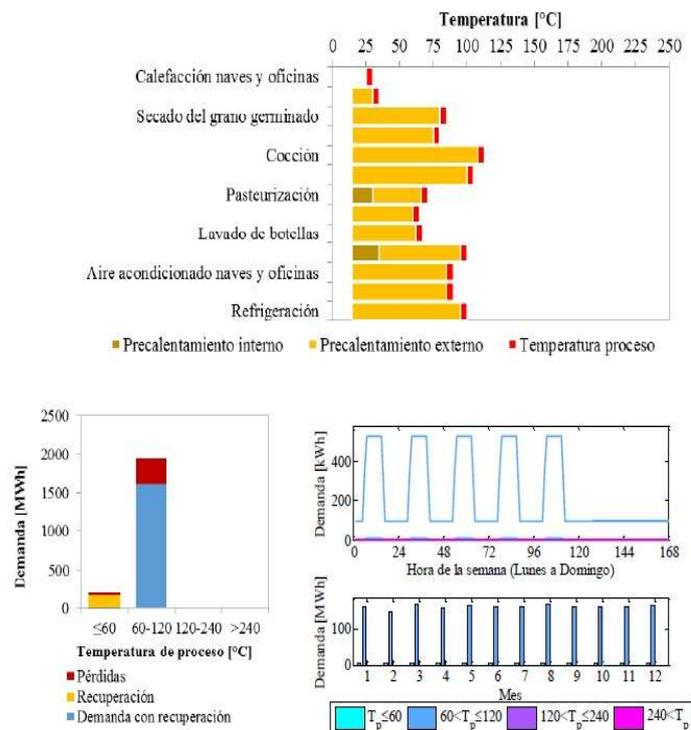


Figura 33: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias enológicas.

Fuente: Evaluación del potencial de la energía solar térmica en el sector industrial, IDAE 2011

el vino en los depósitos y al equipo de frío que se utiliza para mantener una adecuada temperatura para la elaboración.

Tras la fermentación alcohólica se procede al descube y al prensado. El consumo energético en este proceso es eléctrico y se debe a los motores implicados en el vaciado de los depósitos, la bomba que imprime la presión necesaria para el transporte de la pasta a la prensa, al aire comprimido utilizado en las prensas, los motores de las cintas, las prensas y a la carretilla elevadora eléctrica que se utiliza.

A continuación se procede a la fermentación maloláctica. El consumo energético en esta fase se debe al equipo de frío o de calor utilizado para el control de la temperatura, factor condicionante de esta fase.

Para finalizar la elaboración se llevan a cabo los trasiegos, la clarificación-filtración, el embotellado, y el almacenamiento y la expedición. En estas fases finales el consumo energético es eléctrico y se debe al funcionamiento de bombas, carretillas elevadoras, embotelladora y a la generación de aire comprimido.

Con estos datos, junto con otros localizados dentro del informe del IDAE [6] se pueden caracterizar las demandas energéticas de una industria enológica tipo, repartiendo todo el consumo de la siguiente manera: 60% del consumo entre los meses de agosto y octubre y 40% del consumo entre el resto de meses. Eso nos proporciona la siguiente demanda media horaria, en función de si se encuentra en época de campaña o no:

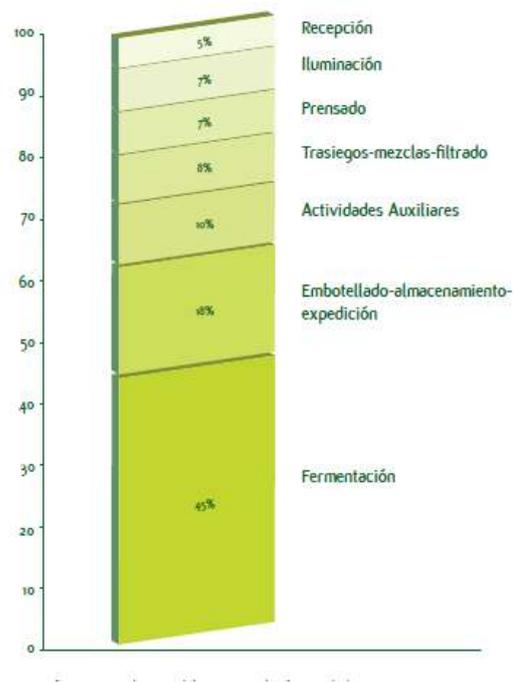


Figura 34: Proceso de elaboración de bebidas fermentadas. Fuente [13]

Tabla 4: Datos del IDAE 2014 de consumo eléctrico / térmico donde se refleja la estacionalidad de las industrias enológicas

Consumos energéticos horarios	Consumo eléctrico (kWh)	Consumo combustibles (kWh)
Época de mantenimiento	51,58	74,97
<b>Época de campaña</b>	<b>154,73</b>	<b>224,91</b>

Una vez obtenidos estos datos, es necesario una validación de los mismos, ya que se ha hecho una extrapolación directa que quizás no es aplicable al caso de las micro-industrias que son objetivo de este trabajo. Para ello, se va a recurrir, de nuevo, a los KPIs:

Los ingresos de la explotación media para este tipo de industria en la provincia de Almería, según la base de datos SABI, son de 110m€, suponiendo un precio de mercado 417€/hl de vino, (<https://www.vinetur.com/2020070760971/313-euros-el-precio-medio-de-una-botella-de-vino-en-espana.html>, fecha de consulta 25/07/2021 ), resulta un total de 264 hectólitros de vino anuales.

Aplicando los KPI, se obtiene un consumo de energía eléctrica de 4,220 MWh. Del consumo térmico no se dispone de ningún KPI, por lo que se va a asumir que se mantiene la proporción de la Tabla 4 siendo la energía térmica estimada de 6,13 MWh. Transformando estas cifras anuales, a diarias, se obtiene lo siguiente: 22,8 kWh térmicos y 15,7kWh eléctricos , lo que resulta en cifras que no se corresponden con las estimadas en la parte superior. Esto se puede deber a una serie de incertidumbres intrínsecas a los KPI, en este caso se ha asumido que todas las industrias eran productoras de vino, pero lo cierto es que bajo el CNAE 159 se aglomeran industrias dedicadas a la destilación o a la fermentación de otros productos como la cerveza, con unos precios de mercado diferentes y unas demandas energéticas diferentes, difíciles de acoger dentro de esta aproximación. No obstante, se mantendrán los datos obtenidos en la Tabla 4 porque se ha demostrado que el método resultado efectivo en otros apartados.

### 4.3.3. Industrias de aceites y grasas vegetales

Este tipo de industria se caracteriza por una fuerte estacionalidad, debido a que la época del cosechado de la aceituna comprende un periodo de tiempo breve, siendo el consumo energético del resto del año un consumo de mantenimiento, muy inferior al del consumo pico [15] y [16].

#### Procesos y perfil de demandas energéticas

El consumo eléctrico de la almazara proviene del suministro general de la red eléctrica. Es habitual la existencia de un centro de transformación que abastece la demanda de alumbrado y fuerza de la almazara. Los consumos eléctricos se localizan fundamentalmente en:

- Fases de limpieza del fruto:
  - Motores de cintas transportadoras, cribas, lavadoras, despalladoras, etc.
- Fases de molturación:
  - Molienda con molinos de martillos o discos
  - Centrifugación de la masa mediante bombas y centrífugas horizontales y verticales.

Los consumos térmicos corresponden a satisfacer fundamentalmente las necesidades de agua caliente para mantener la temperatura de la masa en la batidora en el entorno de 28°C y la de la bodega entre 15 y 20°C, así como para la adición de agua caliente a las centrífugas horizontales y verticales. El agua de

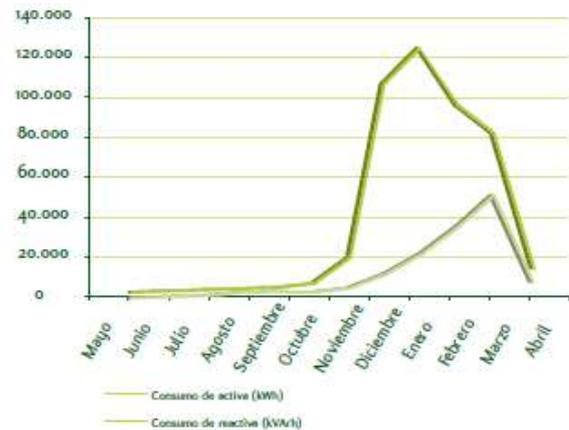


Figura 35: Representación de la estacionalidad mediante consumos eléctricos. Fuente [15]

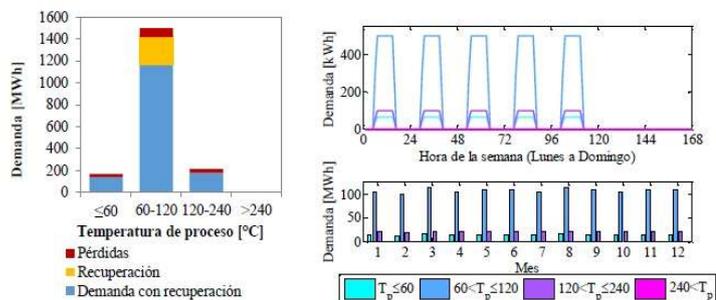
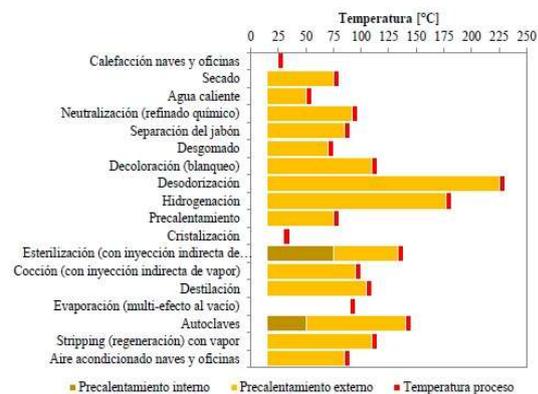


Figura 36: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias del aceite y grasas vegetales.

Fuente: Evaluación del potencial de la energía solar térmica en el sector industrial, IDAE 2011

la caldera también se emplea en aerotermos para mantener la temperatura de la bodega en los meses de invierno.

El fluido portador del calor, para ambos fines, suele ser el agua, y el combustible utilizado para suministrarle la energía, el orujillo o el hueso de aceituna, el cual se obtiene separándolo del orujo a la salida del decánter antes de ser enviado a la orujera, o bien se adquiere directamente a la orujera. No obstante, numerosas almazaras mantienen sistemas de generación térmica alimentados con combustibles fósiles, aunque cabe destacar que dentro del consumo térmico, más del 90% de la demanda se suplir mediante biomasa producida del hueso de la aceituna, siendo el 10% restante suplido mediante combustibles fósiles como el gasóleo o el gas natural.

Con estos datos, junto con otros localizados dentro del informe del IDAE [6] se pueden caracterizar las demandas energéticas de una industria olivadera tipo, repartiendo todo el consumo de la provincia de la siguiente manera: 75% del consumo entre los meses de noviembre y febrero y 25% del consumo entre el resto de meses. Eso nos proporciona la siguiente demanda media horaria, en función de si se encuentra en época de campaña o no:

*Tabla 5: Datos del IDAE 2014 de consumo eléctrico / térmico donde se refleja la estacionalidad de las industrias de grasas vegetales*

Consumos energéticos horarios	Consumo eléctrico (kWh)	Consumo combustibles (kWh)
Época de mantenimiento	39,39	0
<b>Época de campaña</b>	<b>177,26</b>	<b>377,74<sup>2</sup></b>

Una vez obtenidos estos datos, es necesario una validación de los mismos, ya que se ha hecho una extrapolación directa que quizás no es aplicable al caso de las micro-industrias que son objetivo de este trabajo. Para ello, se va a recurrir de nuevo a los KPI:

Los ingresos medios de este tipo de industria, según la fuente SABI, son de 539m€ (excluyendo ciertas macro-industrias del análisis), lo que suponiendo un precio del aceite de 3,2€/kg de aceite (<https://precioaceitedeoliva.net/> fecha de consulta 25/07/2021), se obtiene una producción anual de 168,44 toneladas de aceite por año, lo que se traduce según los KPI indicados en [16] en 17,52 MWh de energía eléctrica y 33,69 MWh de energía térmica, lo que traducido a consumo horario, se correspondería con 65,13 kWh eléctricos y 125,24kWh térmicos, lo que representa datos similares a los resultantes si se hiciera una media uniforme anual del consumo energético.

2 Según [15] más del 90% de esta demanda energética se suele suplir mediante la quema del hueso de aceituna, por lo que será difícil justificar el reemplazo de este recurso por otro renovable.

### 4.3.4. Industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos

Este tipo de industrias, al igual que las cárnicas, no presenta una gran estacionalidad, pero en relación con el consumo de energía, lo primero que hay que destacar es que la industria de transformados vegetales no se encuentra entre los sectores más consumidores de energía.

El calor se produce a partir de combustibles sólidos (leña, etc), combustibles líquidos (fueloil,...), combustibles gaseosos (gas natural,...) y energía eléctrica (que es generada por combustibles sólidos, líquidos, gaseosos, nucleares o por saltos de agua, molinos de viento, etc). La selección de la fuente de calor depende no sólo de consideraciones económicas sino también de los efectos del combustible y sus subproductos sobre los alimentos o el medio ambiente [17].

#### Procesos y perfil de demandas energéticas

Al tratarse de un tipo de industria tan variado, no se puede identificar cada proceso para cada producto, por lo que se va a hacer mención a los procesos más comunes dentro de las industrias de esta naturaleza. Dentro de las diferentes etapas y operaciones llevadas a cabo en la elaboración de conservas, zumos, congelados y salsas vegetales, el mayor gasto energético se realiza en el proceso de elaboración propiamente dicho (escaldado, esterilización/pasteurización y enfriamiento, congelación... con un consumo medio entre el 40 y el 80 % del total); una parte del mismo se produce en el envasado (15 –40%), transporte (0.56 –30 %), lavado (15 %) y en el almacenamiento, hasta un 85 % del gasto total en la congelación de alimentos.

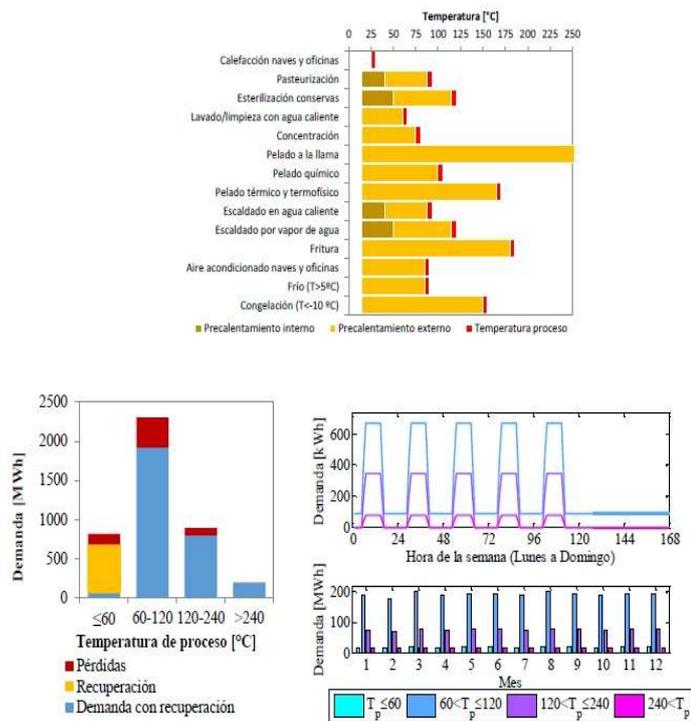


Figura 37: Procesos y perfil de demandas energéticas para las industrias conserveras. Fuente [6]

Los datos obtenidos del sector indican que el consumo de energía es variable. Las conserveras consumen aproximadamente de 50 a 275 kWh por tonelada (t) de materia prima mientras que la

transformación de vegetales congelados presenta unos valores de 200 a 600 kWh por t de materia prima [18].

Como la empresa tipo de Almería, se dedica a la transformación de vegetales (elaboración de preparados, secado, marinado, etc) se estima un consumo anual de 467,96 MWh de electricidad frente a los 598,34 MWh de combustible. Lo que, aplicando el supuesto indicado para las industrias cárnicas de operación ininterrumpida, supone un consumo horario de 44,31kWh eléctricos y 56,66 kWh de combustible.

Una vez obtenidos estos datos, y conociendo que según la fuente SABI, sus ingresos promedio, son de 594 m€, es necesario una validación de los mismos, ya que se ha hecho una extrapolación directa que quizás no es aplicable al caso de las micro-industrias que son objetivo de este trabajo. Para ello, se va a recurrir de nuevo a los KPI:

Suponiendo un precio de 3,4€/kg de conservado (<https://www.fritadadesufli.com/tienda/12-ensaladas> fecha de consulta 25/07/2021), se obtiene una producción anual de 174,71 toneladas de conserva por año, lo que se traduce según los KPI indicados en [16] en 202,77 MWh de energía eléctrica y 263,61 MWh de energía térmica, que son datos que se corresponden con el mismo orden de magnitud que los datos expuestos en el párrafo anterior, aunque bastante menores. Esto se puede deber a la asunción del precio de un único producto, cuando esta industria engloba una gran cantidad de productos de variada naturaleza.

## 5. Casos de estudio y aplicación de instalaciones solares a micro-industrias tipo

### 5.1. Herramientas de pre-dimensionado y estudio tecno-económico de instalaciones

Con los datos sintetizados del apartado anterior, se va a estudiar la viabilidad de la instalación de tecnologías FV o SHIP para suplir las demandas energéticas de cada caso. En ningún momento el objetivo es suplir toda la demanda energética, sino reducir dentro de las posibilidades de la empresa analizada (cubiertas disponibles, parcelas adyacentes, etc) los consumos de las redes de distribución o de combustibles fósiles para demostrar que es posible la supervivencia y desarrollo de industrias aisladas si se realiza un correcto dimensionado energético.

Para poder desarrollar esta tarea se va a recurrir a dos herramientas de dimensionado energético. La primera de ellas es RESSSPI [19]:



Figura 38: Portada de la aplicación RESSSPI

RESSSPI es una herramienta desarrollada por la empresa española Solatom [20] para dimensionar campos de concentración de energía solar mediante tecnología Fresnel, ya que esta tecnología ofrece una serie de ventajas económicas como la no necesidad de la curvatura de las facetas o de su simplicidad estructural. Tanto es así, que esta empresa ha desarrollado unos módulos Fresnel que se envían plegados en containers para su posterior despliegue en la zona de trabajo con muy poca mano de obra. Un ejemplo de los mismos se puede ver en las Figura 39 y Figura 40



Figura 39: Ejemplo de una instalación realizada por SOLATOM mediante captadores Fresnel modulares

SOLATOM

Solatom Contacto

### Más sobre SOLATOM

Solatom es un concentrador solar diseñado para la **generación de calor a alta temperatura** (vapor, agua o aceite térmico) en procesos industriales

Los módulos solatom están formados por filas de **espejos que siguen al sol**, reflejando la luz solar sobre un tubo al vacío. El fluido que circula a través del tubo absorbe la energía reflejada produciendo un aumento de temperatura en el fluido (hasta **300°C**). Cada módulo tiene una potencia de **15kW** térmicos. Cuando es necesario más capacidad, los módulos se unen entre sí, aumentando la potencia total del conjunto. El sistema está diseñado para su posicionamiento en cubierta, siendo el peso específico inferior a **23kg/m<sup>2</sup>**.

 <b>300 °C</b> Máxima Temperatura	 <b>15 kW</b> Potencia térmica por módulo	 <b>23 kg</b> Peso por m <sup>2</sup> en cubierta
--	--	--

Figura 40: Características de los módulos Fresnel desarrollados por SOLATOM

A la hora del dimensionado RESSSPI ofrece bastante flexibilidad, al permitir modificar la mayoría de parámetros de entrada del proceso, modificar la disposición de la instalación (conexión en serie, en paralelo, en serie con recirculación, con y sin almacenamiento, etc) como se puede ver en la Figura 41:

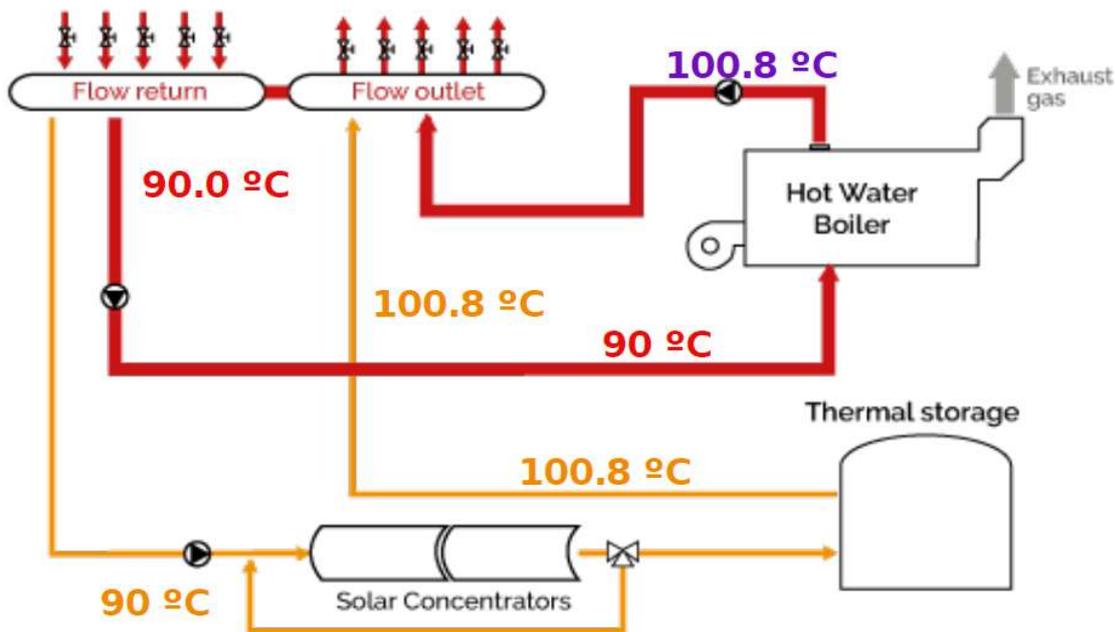


Figura 41: Esquema ejemplo del conexionado de un campo Fresnel

La mayor ventaja que presenta este software es la rapidez y facilidad con la que es capaz de realizar dimensionados, presentando los resultados de una manera comprensible incluso para usuarios no expertos.

La segunda de estas herramientas es SAM:

SAM es un software diseñado y desarrollado por NREL (National Renewable Energy Laboratory), perteneciente al departamento de energía de EEUU para facilitar el proceso de diseño y evaluación techno-económica de instalaciones renovables, tanto para consumidores como para la industria. Esto lo hace integrando una serie de modelos y simuladores correspondientes a sistemas fotovoltaicos, eólicos, de biomasa, de concentración, etc, aunque su rama más desarrollada es la fotovoltaica por la sencillez de la implementación de esta tecnología frente a las demás.

Uno de los aspectos más destacables de SAM es que desde 2017 es de código abierto, lo cual lo hace ideal para aplicaciones muy específicas al poder modificar cada aspecto del programa según las necesidades del usuario/diseñador, a la par que garantiza un desarrollo continuado y actualizado a lo largo del tiempo, pudiendo implementar modelos climáticos que se encuentren en desarrollo o implementar tecnologías no contempladas dentro de las disponibles.

## 5.2. Metodología de pre-dimensionado y obtención de indicadores tecno-económicos

Una vez presentadas las herramientas que en las que se va a desarrollar el análisis se va a proceder a presentar la metodología utilizada para el estudio de un dimensionado tipo, que comenzará con el dimensionado para suplir demandas de calor mediante tecnologías SHIP con la herramienta RESSSPI, con el objetivo de evitar emisiones directas de CO<sub>2</sub>, derivadas del consumo de combustibles fósiles y tras eso se realizará un estudio para, mediante tecnologías FV, suplir parcial o totalmente la demanda eléctrica de la industria tipo mediante la herramienta SAM.

Para el caso de RESSSPI el procedimiento a la hora de trabajar es el siguiente: Primero se selecciona la categoría de industria a dimensionar, dentro de la cual se eligen los procesos que se van a desarrollar como se puede ver en la siguiente ilustración:

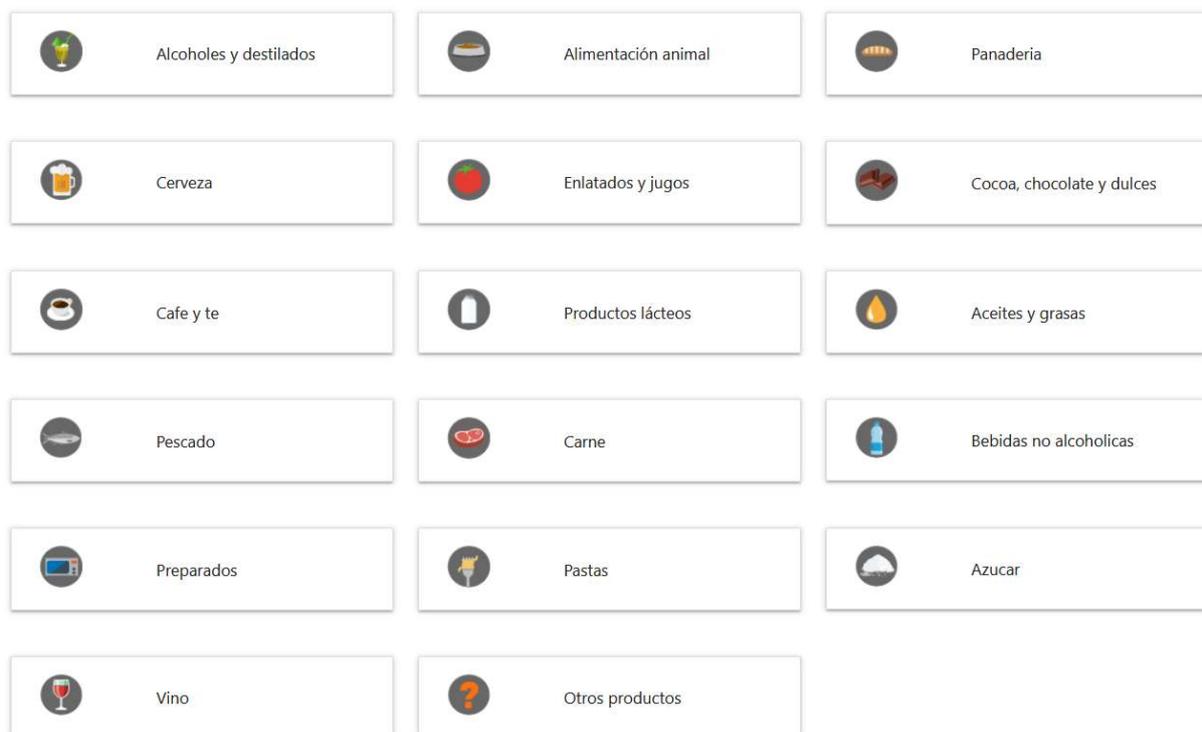


Ilustración 1: Categorías ofrecidas por la aplicación RESSSPI

Para el caso ilustrado se elige la industria de enlatados y jugos junto con los procesos estimados para el caso a dimensionar:

Enlatados y jugos

Procesado y conservación de frutas y hortalizas

Indica los procesos existentes en la fábrica:

- Limpieza de envases
- Limpieza/esterilizado de equipos
- Limpieza de nave/camiones
- Secado
- Evaporación/concentración
- Pasteurización
- Blanqueado
- Cocinado y hervido
- Rehogado
- Escaldado
- Fritura
- Pelado
- Otros, vapor
- Otros, agua/aceite

SIGUIENTE ▶

*Ilustración 2: Procesos dentro de la categoría de enlatados y jugos*

Tras esto se nos solicita la localización de la instalación como se puede ver en la siguiente ilustración:

Pais

Spain

Ciudad

Almeria

Superficie disponible [m2] (opcional)

1e+30

Tipo de terreno

Otro

*Ilustración 3: Selección del emplazamiento y superficie disponible*

Tras esto, se define el fluido caloportador y la demanda estimada de la industria tanto mensual como semanal:

Fluido de transferencia de calor

Agua

Vapor

Aceite térmico

Consumo anual de combustible

Combustible

Gasoil-B

Demanda anual

3150.0

Unidad de demanda

MWh / year

Horas hábiles

Hora de inicio [24h]:

8

Hora de término [24h]:

18

Puedes establecer el perfil de consumo mensual y semanal simplemente marcando los recuadros de los días/meses activos o explícitamente ingresando el peso de cada mes/día. También puedes establecer el perfil visualmente cambiando los valores de cada mes/día con el botón giratorio del mouse hasta que las gráficas describan el perfil de consumo de la fábrica.

Resppsi actualiza las gráficas en tiempo real y normalizará los valores ingresados para hacer los cálculos apropiados.

*Ilustración 4: Selección del tipo de fluido de transferencia de calor y más parámetros térmicos*

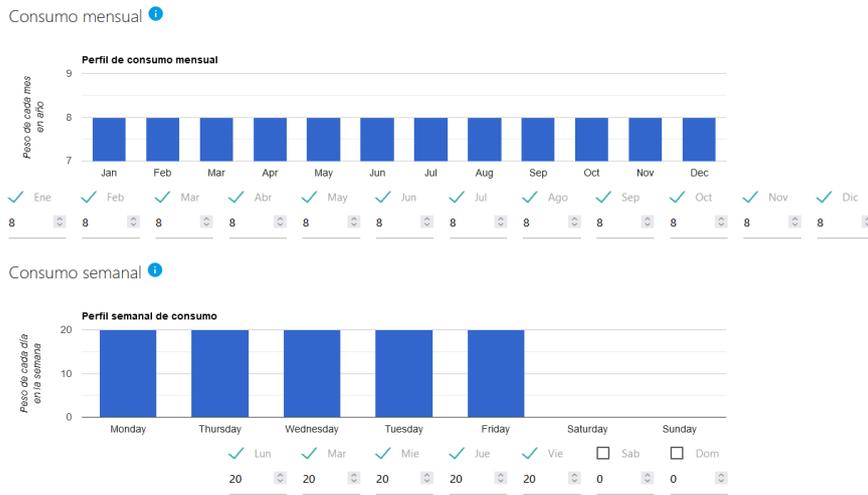


Ilustración 5: Perfiles de demanda mensual y semanal

Para terminar, se nos solicitan las características de trabajo del circuito térmico, que vendrán definidas por los parámetros de la caldera:

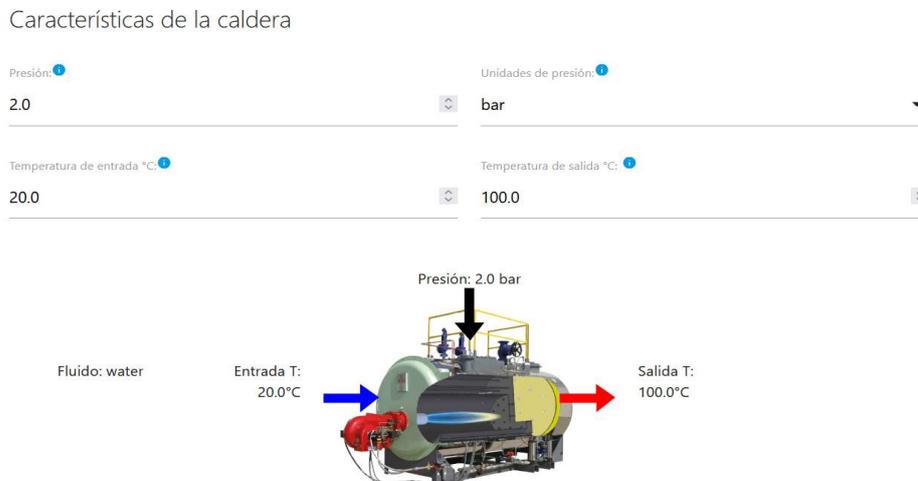


Ilustración 6: Definición de los parámetros de trabajo del circuito térmico

Tras completar todo el proceso anterior, existe un apartado solo apto para experto donde se definen los parámetros del campo Fresnel a dimensionar y su topología:

Dimensiones

Módulos por lazo: 
 Número de lazos: 
 Volumen del almacenamiento:

Modificadores

Modificador de inversión: 
 Modificador de irradiancia: 
 Modificador de producción:

Esquema de integración i

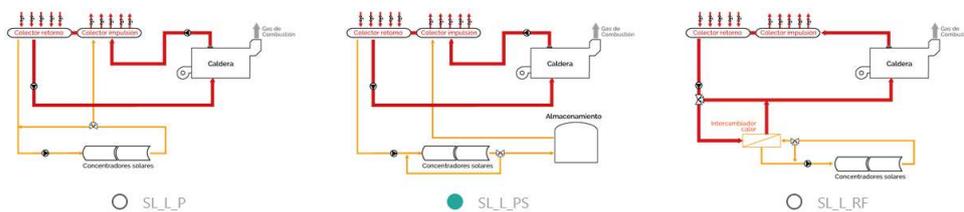


Ilustración 7: Ventana de parámetros avanzados

Por otro lado, para SAM, los casos son idénticos, exceptuando la demanda energética y la distribución de la misma a lo largo del tiempo. Por lo que, al igual que se ha hecho para la herramienta RESSSPI, se va a presentar el desarrollo de la metodología:

Como no se dispone de datos de distribución horaria, ni se conocen detalles como el tipo de instalación, orientación, proximidades, etc, se va a utilizar la herramienta integrada PVWatts que está orientada a un primer dimensionado de la planta que se ha de concretar en otras secciones incluidas dentro de SAM.

Una vez iniciado PVWatts, se elige la localización de la instalación para poder obtener de la base de datos de SAM el histórico de datos de radiación sobre esa localización:

**Weather Data Information**

The following information describes the data in the highlighted weather file from the Solar Resource library above. This is the file SAM will use when you click Simulate.

Weather file:

**-Header Data from Weather File-**

Latitude:  DD      Station ID:   
 Longitude:  DD      Data Source:   
 Time zone:   
 Elevation:  m  
 Time step:  minutes

For NSRDB data, the latitude and longitude shown here from the weather file header are the coordinates of the NSRDB grid cell and may be different from the values in the file name, which are the coordinates of the requested location.

**-Annual Averages Calculated from Weather File Data-**

Ilustración 8: Ventana sobre localización geográfica en SAM

Continuando con la configuración del sistema, se supondrá una orientación sur y una inclinación de unos 20°, un valor típico para las cubiertas de naves industriales. Los valores de pérdidas se dejan por defecto al no disponerse de ningún dato de esta naturaleza:

**Orientation and Tracking**

Azimuth  
N = 0

Tilt

Array type: Fixed roof mount

Tilt: 20 degrees

Azimuth: 180 degrees

Ground coverage ratio: 0.4

---

**Losses**

- System Losses

System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss  Total loss: 20.95 %

- Specify System Loss Categories

Soiling: 2 %	Connections: 0.5 %
Shading: 3 %	Light-induced degradation: 1.5 %
Snow: 0 %	Nameplate: 1 %
Mismatch: 2 %	Age: 0 %
Wiring: 2 %	Availability: 3 %
<b>Total system losses: 14.08 %</b>	

Ilustración 9: Ventana sobre tipo de instalación y pérdidas estimadas

El siguiente apartado es el correspondiente al coste de la instalación. Este valor se ha afinado basándose en , donde se refleja que se ha llegado a realizar instalaciones en España por menos de 0,849 €/Wdc<sup>3</sup> para instalaciones comerciales [21], que se corresponde con nuestro caso de estudio. Para el caso de estudio se han modificado los parámetros para que el coste sea exactamente 1\$/Wdc, que se corresponde con un valor de 0,85€/Wdc.

Las secciones de parámetros financieros, e incentivos no se han modificado al tratarse de secciones que escapan a los objetivos de este trabajo.

El siguiente apartado, referido a los ratios eléctricos, es uno de los más determinantes de los resultados de la simulación, ya que ahí vienen recogidos los costes asociados al consumo de electricidad desde la red y desde el propio campo que se está dimensionando.

En este caso, se elige la opción más favorable, que es la compensación total de la energía producida con la energía demanda y venta de excedentes a red:

3 Wdc expresa los vatios netos instalados, es decir, la suma de las potencias nominales de todos los paneles instalados

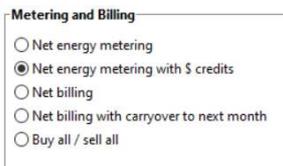


Ilustración 10: Ventana sobre tipos de conexión a red en SAM

En este caso existen cinco modalidades:

*Medida neta de la energía:*

Se mide la energía total consumida y generada en el mes. En los meses donde se produce un exceso de generación, el exceso de energía se descuenta de la energía consumida en la factura del mes siguiente al computado. Se trata de una compensación global de energía, en ningún momento el productor percibe un beneficio económico del exceso de energía.

*Medida neta de la energía con compensación económica:*

Caso similar al anterior, pero en vez de compensar la energía, el exceso se convierte en créditos que se descuentan de la factura eléctrica del mes siguiente.

*Facturación neta:*

En este caso se mide la energía en cada hora del día. Cuando existe exceso, este se descuenta de la factura del mes presente, no del siguiente. En caso de que el exceso fuese superior al importe de la factura, el propietario de la planta percibiría un ingreso (beneficio)

*Facturación neta con desplazamiento al mes siguiente:*

Similar al anterior, pero el descuento y/o posible ingreso se produce en el mes siguiente.

*Compra todo / vende todo:*

Como el nombre anuncia, se compra y se vende toda la energía. Esta opción es la más sencilla de calcular pero no siempre la más beneficiosa, ya que normalmente, el precio de venta de la electricidad suele ser notablemente más bajo que el de compra.

Tras esto, se han de establecer los precios de la electricidad, tanto de compra como de venta:

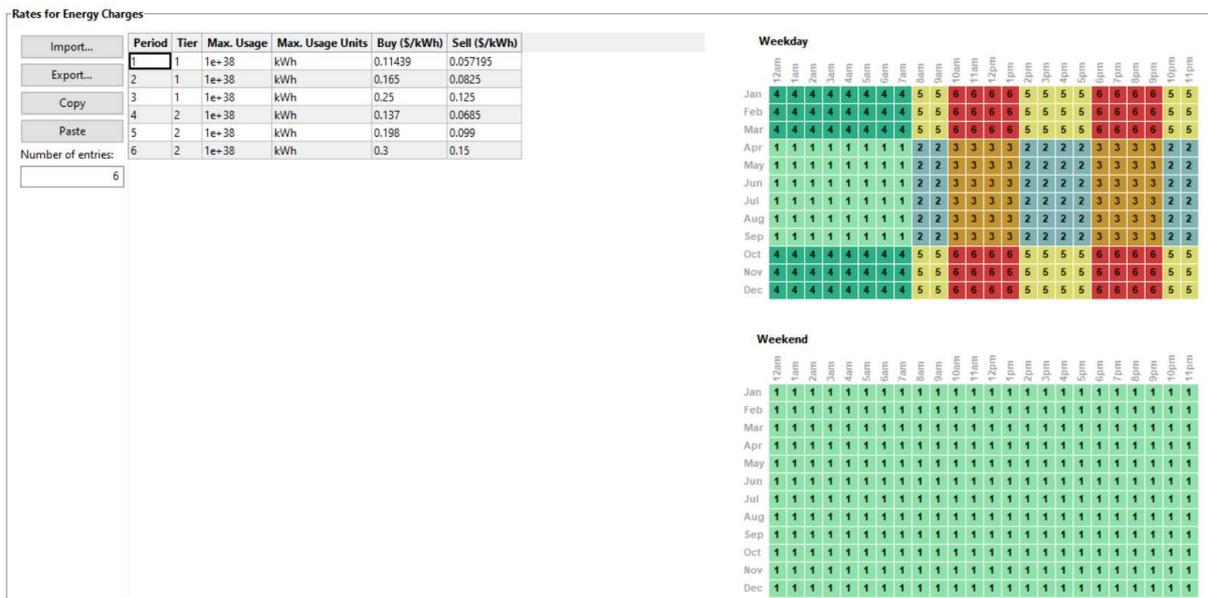


Ilustración 11: Ventana sobre distribución del precio de la electricidad

En este caso se han discriminado 6 periodos: los tres tramos horarios, diferenciados para meses cálidos y meses fríos. Para simplificar el cálculo, se han obtenido los valores correspondientes para la compra de electricidad de red [22] a las tres fases de verano y se ha supuesto que en invierno su coste es un 20% superior. En cuanto a la venta, se ha supuesto que se vende a un 50% del precio de consumo, que es una cifra algo optimista, pero puede ser suficiente para justificar el cálculo.

El último apartado se corresponde con las cargas y su distribución horaria, lo que implica definir 8760 datos. Como no se dispone de tanta precisión, SAM integra un modelo donde introduciendo el consumo energético mensual, realiza una estimación de la distribución de la carga:

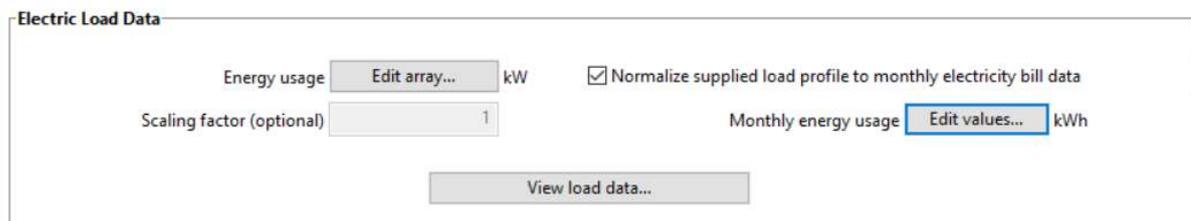


Ilustración 12: Ventana sobre distribución de las cargas

### 5.3. Resultados por industrias

#### 5.3.1. Industrias cárnicas.

##### Análisis del consumo térmico

Introduciendo los datos obtenidos en el apartado previo dentro de la herramienta RESSPI se obtienen los siguientes resultados:

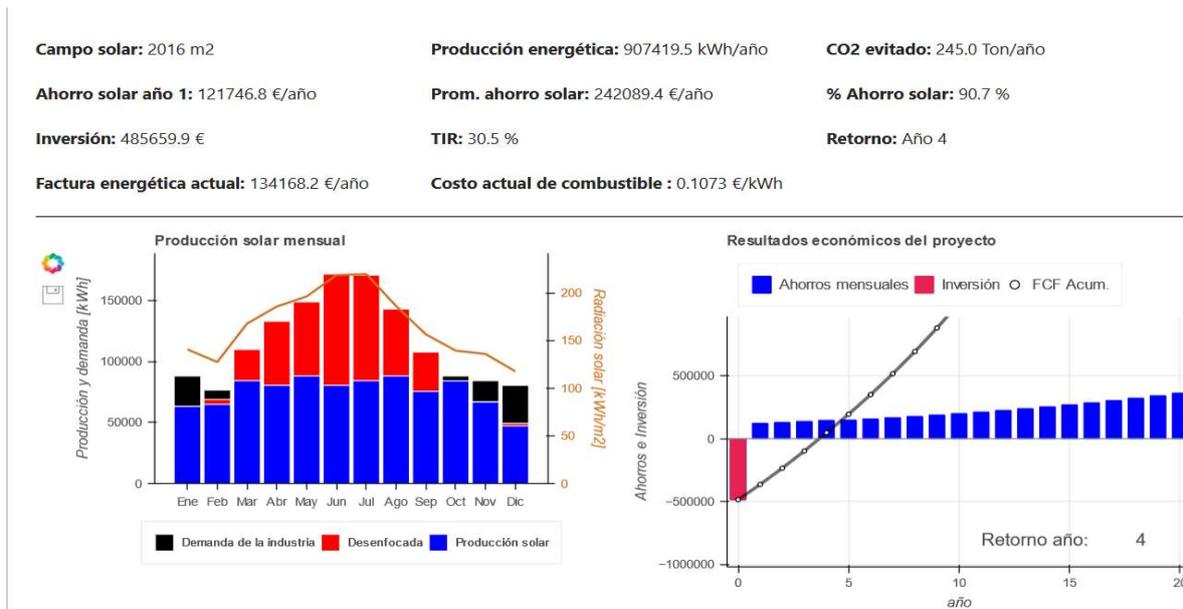


Figura 42: Resultados de la simulación de RESSPI para el caso de industrias cárnicas

Demostrando que se puede obtener un ahorro solar del 90% cuya inversión se recupera en el año 4, lo cual es un periodo de retorno muy adecuado, teniendo en cuenta que la inversión supone un capital de casi 500.000€. Además, se evitan 245 toneladas de CO<sub>2</sub> al año por lo que es una inversión que favorece tanto a los aspectos económicos como medioambientales, al utilizar estas instalaciones simples sistemas de espejos sobre estructuras metálicas fácilmente reciclables.

También cabe destacar, que en los meses del año donde el recurso solar es más abundante (marzo-septiembre) se produce un desenfoque de los espejos para evitar sobrecalentamientos en el sistema. Esta energía se podría aprovechar para suplir la demanda en los meses de menor radiación con la instalación de un tanque de almacenamiento, que aunque encarecería la instalación podría suponer una alternativa en el caso de que se quisiera suplir toda la demanda térmica mediante estas tecnologías. Cabe mencionar que la herramienta RESSPI dimensiona el campo solar teniendo en cuenta la superficie disponible estimada que es de 2016 m<sup>2</sup>, por lo que si se necesitara instalar un campo de mayor capacidad habría que estudiar cada caso de manera particularizada.

### Análisis del consumo eléctrico

Para el estudio del consumo eléctrico se recurre a la herramienta SAM, como se indicó anteriormente. Para la obtención del rendimiento de la instalación hay que proporcionar unos valores tales como las demandas energéticas o la potencia instalada del campo FV. Como los datos de demandas ya se obtuvieron en el apartado anterior, sólo bastan con la obtención de la potencia a instalar, para cuyo cálculo se recurre a una regla empírica basada en instalar un 20% más de potencia a la potencia objetivo a cubrir.

Con esta regla se obtiene para el caso de las industrias cárnicas una potencia a instalar de 515,3kW, que se redondea, por simplicidad a 515kW, obteniéndose tras eso y la introducción de las cargas energéticas mensuales lo siguiente:

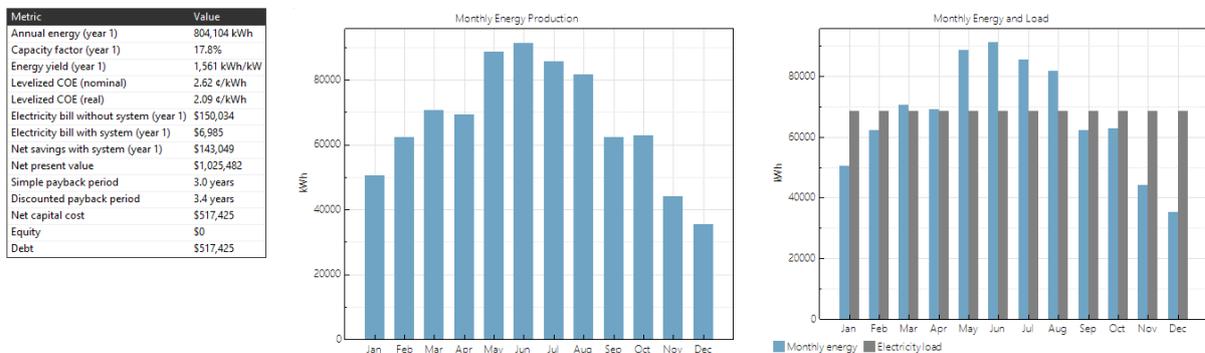
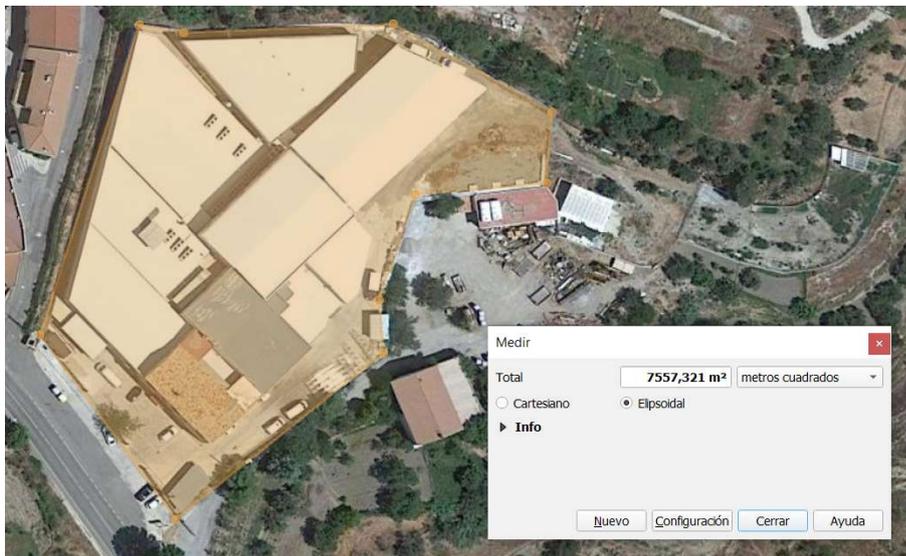
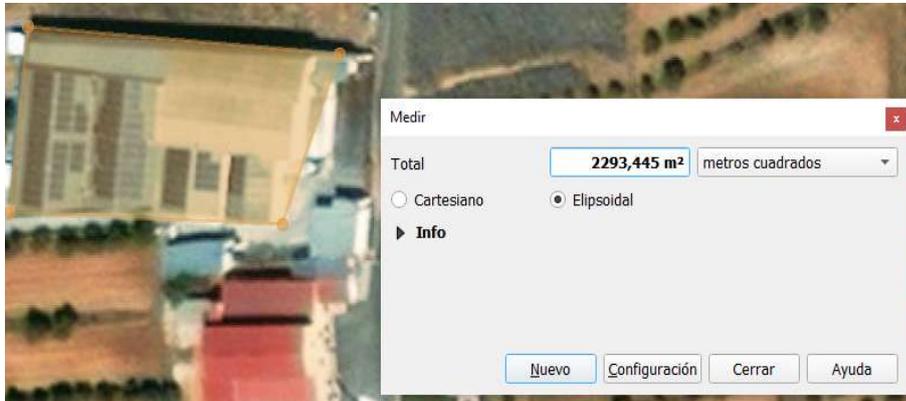


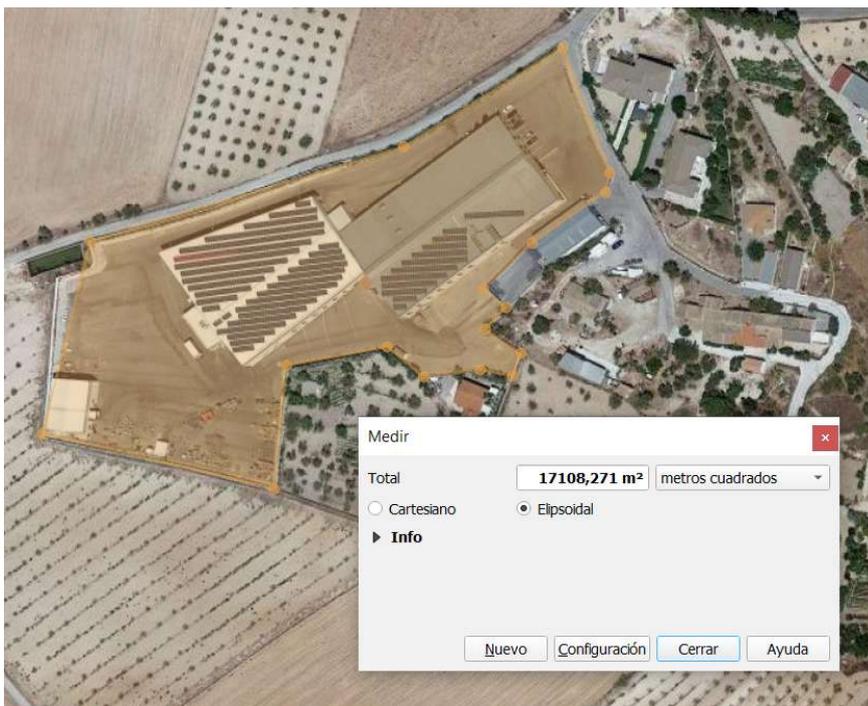
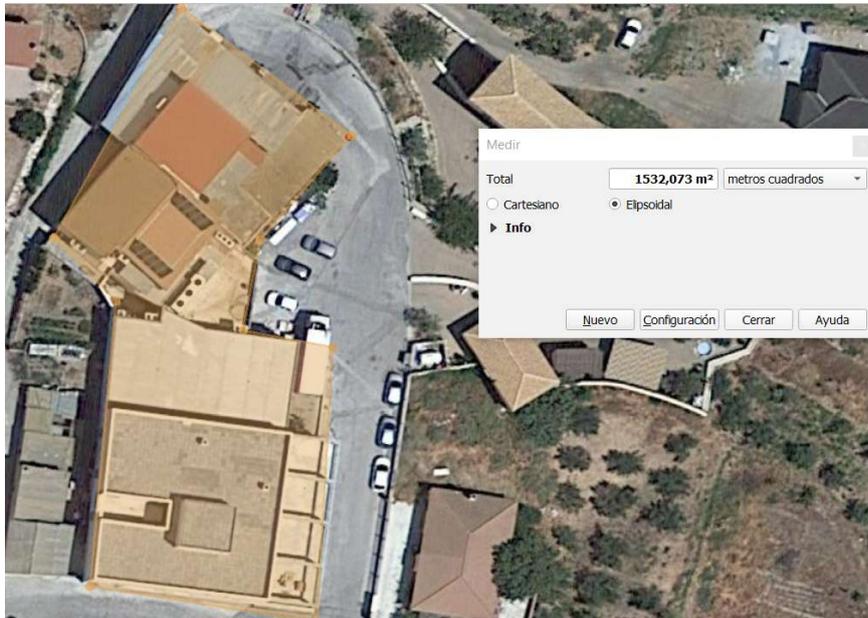
Figura 43: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias cárnicas

Como se puede ver se sule casi completamente toda la demanda energética, exceptuando los meses de menor radiación (noviembre-febrero) pero con un inconveniente y es que la inversión inicial de más de 440.000 €, una cifra que podría despertar dudas en una empresa de pequeña envergadura como las que se están considerando. SAM no ofrece directamente la cuantía de la superficie ocupada, pero mediante una sencilla operación, se obtiene que la superficie ocupada es de unos 3500 m<sup>2</sup>, una cifra próxima a duplicar la superficie, lo cual puede ser un hándicap adicional.

Estudiando la propuesta tanto térmica como eléctrica y teniendo en cuenta la naturaleza del proceso aparece la pregunta: ¿realmente merece la pena para este tipo de industrias? La respuesta dependerá de la aversión al riesgo del empresario, ya que los periodos de amortización son cortos, pero el factor más determinante será la gran inversión inicial que hay que realizar. Teniendo en cuenta que la industria cárnica es una de las industrias más contaminantes [23], quizás la ayuda a la implantación de este tipo de medidas podría ser una manera de paliar el efecto que tiene este tipo de industria sobre el planeta.

Ahora se van a estudiar una serie de industrias mediante vista satélite para analizar si los resultados obtenidos son coherentes con las implementaciones que se están haciendo en situaciones reales:





Las imágenes aéreas se corresponden por orden de aparición a las siguientes empresas: Secaderos Montesor, Jamones Checa, Jamones y embutidos Peña-Cruz e Hijos de Catalina Rodríguez Castaño, siendo esta última la de mayor envergadura. Las únicas que cuentan con cubiertas fotovoltaicas son la primera y la última, por lo tanto el espacio disponible no parecer es un limitante, sino el tipo de procesado de la industria y la aversión al riesgo de cada empresa individual.

### 5.3.2. Industrias enológicas y de elaboración de bebidas alcohólicas.

#### Análisis del consumo térmico

Ahora se procede de igual forma para el caso de las industrias enológicas, características de la zona de la Alpujarra como se presentó en los apartados anteriores:

<b>Campo solar:</b> 1296 m2	<b>Producción energética:</b> 289938.2 kWh/año	<b>CO2 evitado:</b> 78.3 Ton/año
<b>Ahorro solar año 1:</b> 38900.5 €/año	<b>Prom. ahorro solar:</b> 75614.0 €/año	<b>% Ahorro solar:</b> 45.8 %
<b>Inversión:</b> 337044.0 €	<b>TIR:</b> 15.7 %	<b>Retorno:</b> Año 8
<b>Factura energética actual:</b> 85008.9 €/año	<b>Costo actual de combustible :</b> 0.1073 €/kWh	

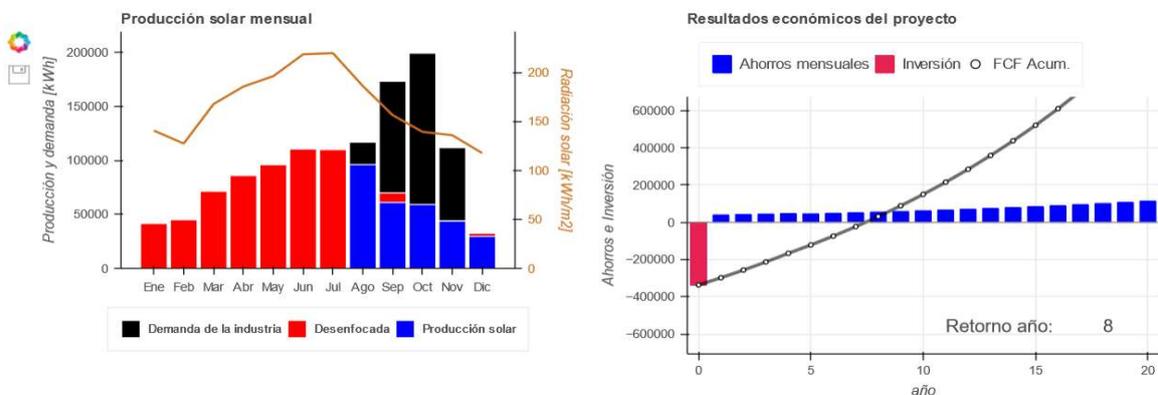


Figura 44: Resultados de la simulación de RESSSPI para el caso de industrias enológicas

Como se puede ver, en el caso de las industrias enológicas (o bodegas) el consumo térmico está concentrado en los meses de agosto a diciembre, donde se produce la campaña de la recogida de la uva junto con su posterior tratamiento durante la fermentación del zumo de uva para su conversión en vino. El problema de la estacionalidad es que desaprovecha el potencial del campo solar, por lo que es una medida difícil de justificar en estos casos, además del coste asociado que no llega a satisfacer las demandas energéticas en las demandas de campaña, por lo que sigue siendo necesario un aporte externo mediante fuentes fósiles. Al igual que en el apartado anterior, RESSSPI no ha dimensionado un campo mayor debido a las restricciones de superficie disponible. A todo esto se le suma una inversión inicial de 340.000€, lo cual teniendo en cuenta que no sería suficiente para prescindir de la actual instalación térmica, resulta difícil de justificar.

#### Análisis del consumo eléctrico

A diferencia del consumo térmico, el consumo eléctrico sí presenta una continuidad a lo largo del año, debido a las labores de embotellado, climatización y mantenimiento. Por tanto se van a realizar dos simulaciones en SAM: una primera buscando satisfacer casi completamente la demanda energética en la época de campaña, donde existe un pico de consumo y una segunda simulación buscando satisfacer el consumo durante la época de mantenimiento.

Metric	Value
Annual energy (year 1)	907,036 kWh
Capacity factor (year 1)	17.9%
Energy yield (year 1)	1,564 kWh/kW
Levelized COE (nominal)	2.61 €/kWh
Levelized COE (real)	2.08 €/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$130,414
Electricity bill with system (year 1)	\$6,318
Net savings with system (year 1)	\$124,096
Net present value	\$836,871
Simple payback period	3.8 years
Discounted payback period	4.5 years
Net capital cost	\$577,362
Equity	\$0
Debt	\$577,362

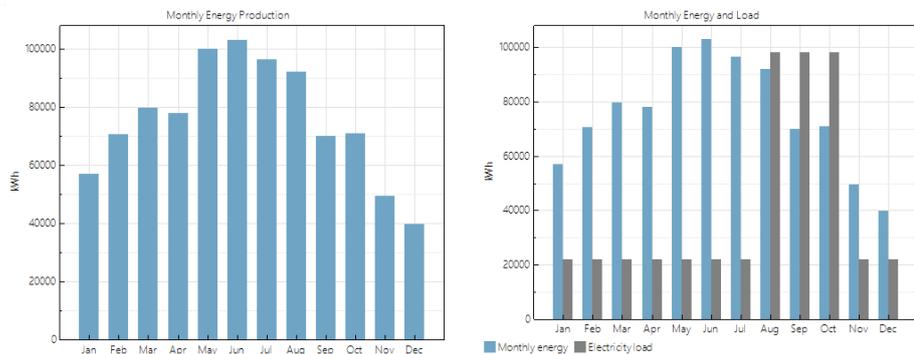


Figura 45: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias enológicas en el caso de suministro total de la demanda

Como se puede ver, para este caso el dimensionado sigue siendo insuficiente para suplir la demanda en los picos, ya que comprenden periodos del año donde la radiación es más reducida que la máxima. También cabe destacar, que en los periodos de exceso de producción se produce una gran cantidad de energía, que mediante el volcado a red, podría suponer una línea de negocio adicional para la empresa, aumentando así su estabilidad económica gracias a la diversificación de actividades [24]. Aunque el periodo de amortización en este caso es bastante corto, de unos cuatro años, hay que tener siempre en cuenta la inversión inicial de casi 490.000€, que habrá que comparar con los resultados obtenidos en la siguiente simulación bajo el supuesto de la cobertura de la demanda en época de mantenimiento:

Metric	Value
Annual energy (year 1)	305,012 kWh
Capacity factor (year 1)	17.9%
Energy yield (year 1)	1,564 kWh/kW
Levelized COE (nominal)	2.61 €/kWh
Levelized COE (real)	2.08 €/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$88,759
Electricity bill with system (year 1)	\$35,802
Net savings with system (year 1)	\$52,957
Net present value	\$377,274
Simple payback period	3.1 years
Discounted payback period	3.4 years
Net capital cost	\$194,113
Equity	\$0
Debt	\$194,113

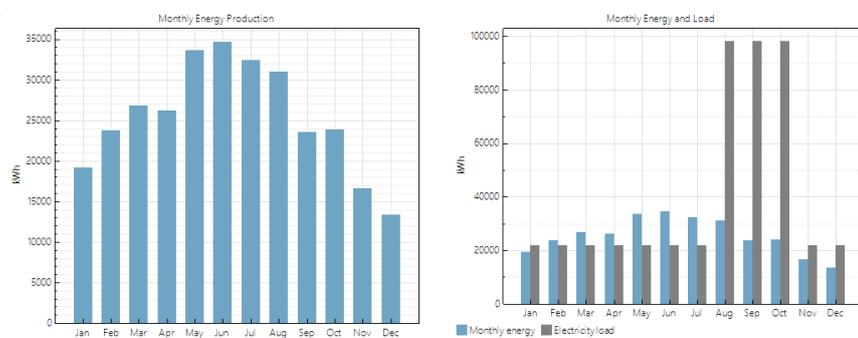
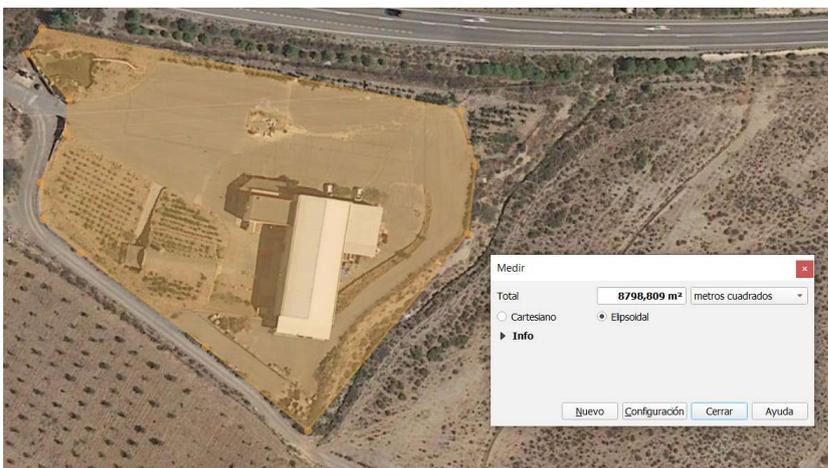
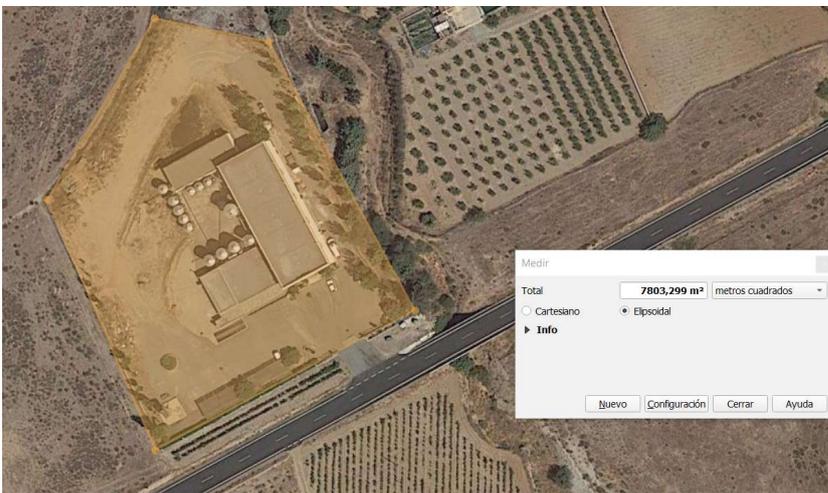


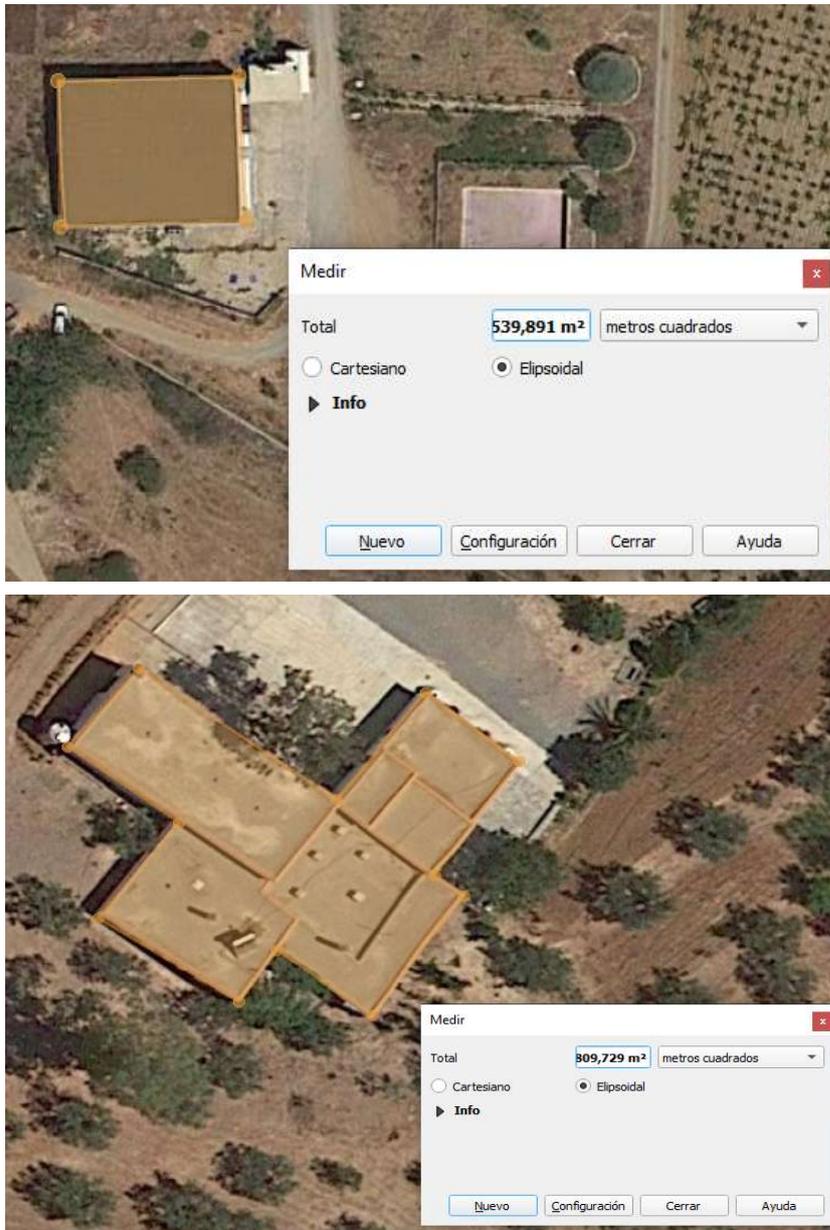
Figura 46: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias enológicas en el caso de suministro parcial de la demanda

En este caso tampoco se cumple el objetivo fijado pero se obtienen datos más esperanzadores: un periodo de retorno de tres años y una inversión inicial de 170.000 €, una tercera parte de lo supuesto en el apartado anterior, por lo que esta es una opción mucho más atractiva que la anterior, a pesar de no contar con la diversificación mencionada en el párrafo anterior. También mencionar que el espacio ocupado, siguiendo el método del apartado previo, es de unos 1100 m<sup>2</sup>, por lo que se podría instalar dentro de la superficie disponible estimada.

Estudiando la propuesta tanto térmica como eléctrica y teniendo en cuenta la naturaleza del proceso todo indica a que la industria enológica se podría beneficiar de la propuesta fotovoltaica para cubrir sus consumos en los periodos de mantenimiento, ya que los periodos de amortización no son muy extensos y la inversión inicial no es tan crítica como en otros apartados estudiados. En cambio para la propuesta termosolar, no será viable debido a la fuerte temporalidad invernal que presenta esta industria, que coincide con uno de los periodos de menor radiación disponible.

Al igual que en el apartado anterior, se van a presentar una serie de fotografías aéreas de algunas industrias tipo localizadas dentro de la provincia, para contrastar los resultados obtenidos en este apartado:





Las empresas captadas han sido en orden de aparición: Bodega Valle de Laujar, Bodega Fuente Victoria, Bodega condado de Ojancos y Bodega el cortijo del cura.

Como se puede ver, en ninguna de ellas existe presencia ni de instalaciones térmicas ni fotovoltaicas a la fecha de consulta. Esto se puede deber al muy reducido tamaño de ellas, especialmente las dos últimas, o a que estas instalaciones se dedican a la producción de vino joven, que exige menos superficie de almacenamiento y por ende, menor consumo energético en épocas de mantenimiento, siendo así más complicado justificar este tipo de instalaciones.

### 5.3.3. Industrias del aceite y grasas vegetales.

#### Análisis del consumo térmico

Procediendo de igual forma para el caso de las industrias del aceite y grasas vegetales (almazaras), características de la zona de la zona del campo de Tabernas como se estudió en los apartados anteriores con la herramienta RESSPI :

<b>Campo solar:</b> 3024 m <sup>2</sup>	<b>Producción energética:</b> 540047.9 kWh/año	<b>CO2 evitado:</b> 221.4 Ton/año
<b>Ahorro solar año 1:</b> 17579.7 €/año	<b>Prom. ahorro solar:</b> 27668.9 €/año	<b>% Ahorro solar:</b> 35.4 %
<b>Inversión:</b> 682873.5 €	<b>TIR:</b> 0.1 %	<b>Retorno:</b> Año 24
<b>Factura energética actual:</b> 49687.5 €/año	<b>Costo actual de combustible :</b> 0.0260 €/kWh	

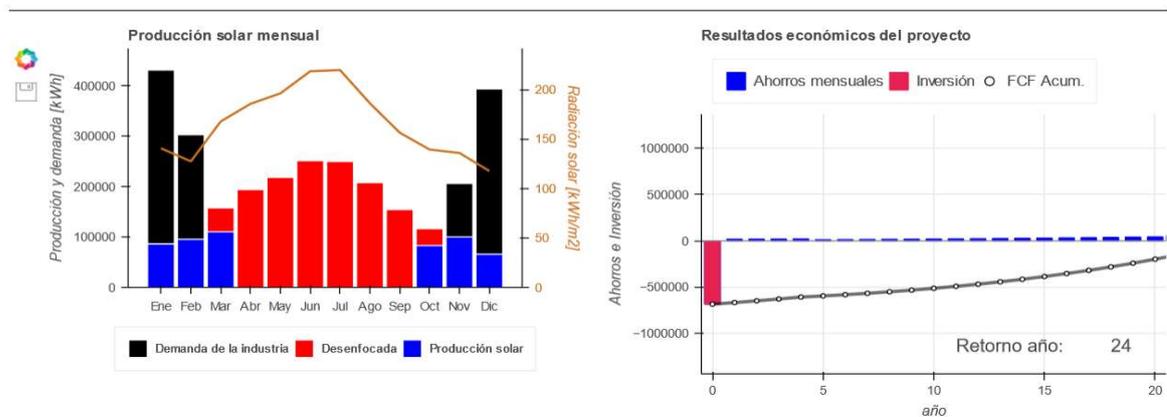


Figura 47: Resultados de la simulación de RESSPI para el caso de industrias del aceite

El rendimiento del campo solar térmico para este caso es muy bajo, esto es se debe a que los mayores consumos térmicos se producen en época de campaña, que coincide con los meses de menor radiación anual (octubre-marzo). Para mayor aliciente, en la mayoría de las almazaras, más del 90% del consumo térmico es suplido mediante biomasa , concretamente del hueso de aceituna , que es un producto derivado del procesado de la aceituna para la producción de aceite [15].

#### Análisis del consumo eléctrico

Igual que en el caso anterior, las almazaras presentan una fuerte estacionalidad debido a que el cosechado de la aceituna sólo se produce una vez al año, provocando esto una gran demanda energética durante un breve periodo de tiempo, más breve aún que el de la uva, ya que el procesado de la aceituna carece de fermentaciones como en el caso de la uva. Por todo lo anterior, de nuevo, se van a hacer dos propuestas de instalación: la primera tratará de suplir la demanda energética en las épocas de máxima demanda y el resto del año se verterá la energía a red. Para el segundo caso se dimensionará para que en la época de mantenimiento no se necesite aportar energía desde la red eléctrica y sólo se necesite esta en la época de campaña.

Metric	Value
Annual energy (year 1)	781,932 kWh
Capacity factor (year 1)	17.9%
Energy yield (year 1)	1,564 kWh/kW
Levelized COE (nominal)	2.61 €/kWh
Levelized COE (real)	2.08 €/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$117,591
Electricity bill with system (year 1)	\$7,124
Net savings with system (year 1)	\$110,467
Net present value	\$747,532
Simple payback period	3.7 years
Discounted payback period	4.3 years
Net capital cost	\$497,726
Equity	\$0
Debt	\$497,726

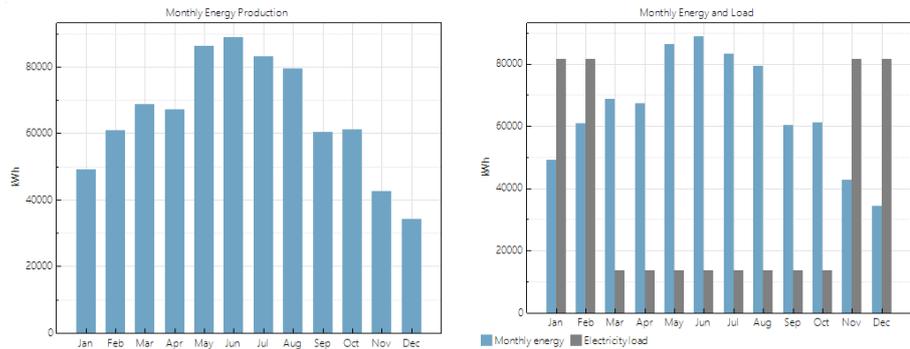


Figura 48: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias del aceite en el caso de suministro total de la demanda

Como se puede ver en este caso tampoco se suplen las demandas por completo, esto es así porque, al igual que en el caso de las bodegas, la mayoría del consumo energético se produce en los meses de menor radiación disponible. En cambio, al tratarse de un campo tan extenso, los excedentes volcados a red suponen un nuevo ingreso para la empresa, lo cual implica que se recupere la inversión en unos cuatro años. Cabe mencionar, que el coste de la instalación es de unos 420.000€.

Para el segundo caso considerado se obtuvo lo siguiente:

Metric	Value
Annual energy (year 1)	172,072 kWh
Capacity factor (year 1)	17.9%
Energy yield (year 1)	1,564 kWh/kW
Levelized COE (nominal)	2.61 €/kWh
Levelized COE (real)	2.08 €/kWh
Electricity bill without system (year 1)	\$82,797
Electricity bill with system (year 1)	\$52,500
Net savings with system (year 1)	\$30,297
Net present value	\$216,506
Simple payback period	3.0 years
Discounted payback period	3.4 years
Net capital cost	\$109,500
Equity	\$0
Debt	\$109,500

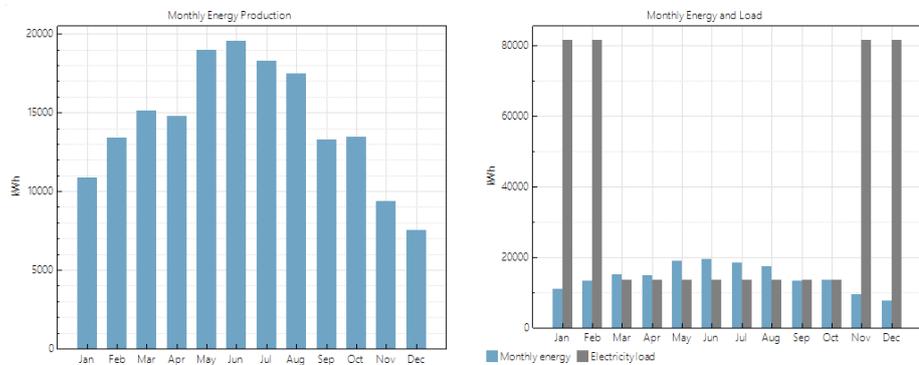


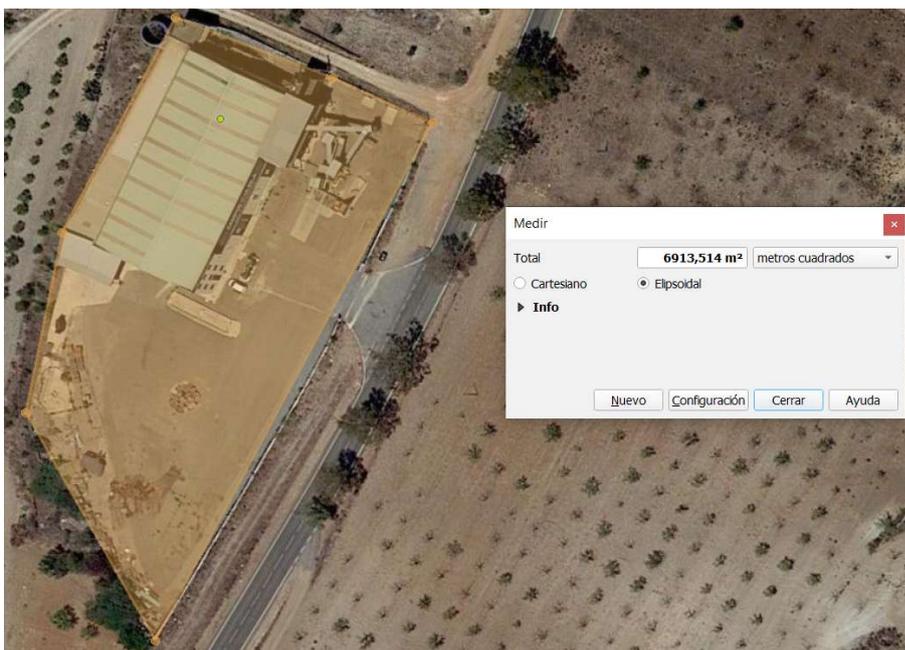
Figura 49: Resultado de la simulación en SAM para el caso de industrias del aceite en el caso de suministro parcial de la demanda

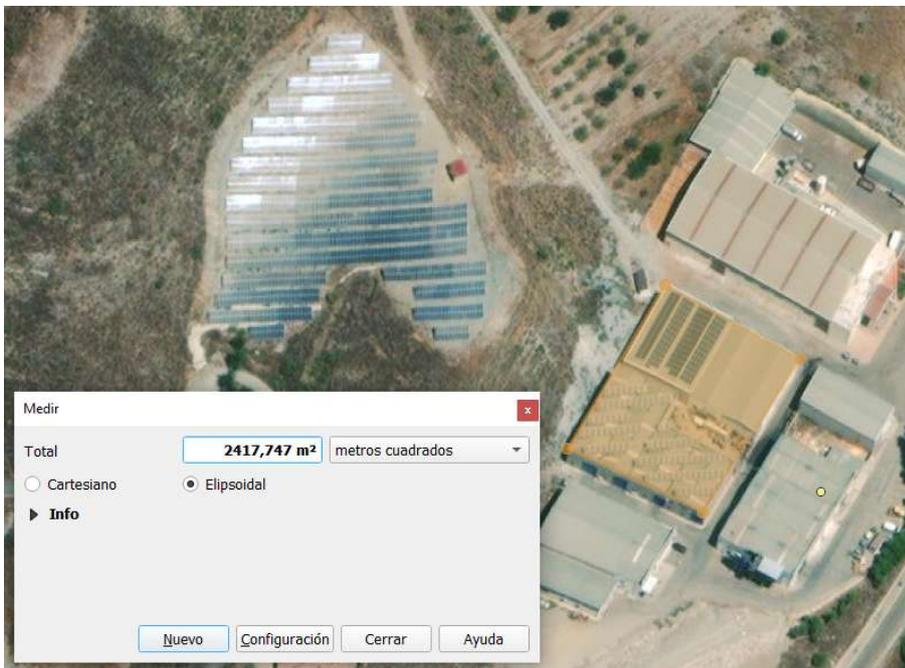
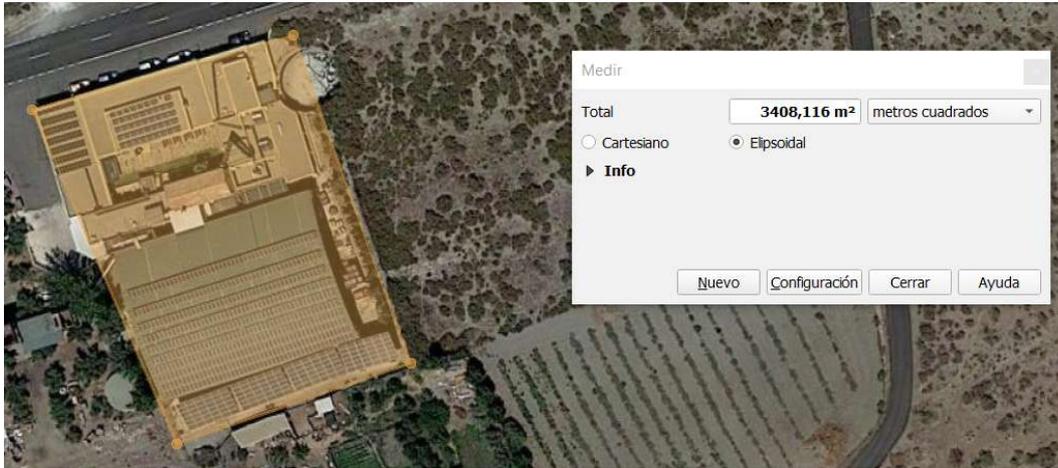
Igual que en el caso de las bodegas, esta alternativa ofrece una realidad más atractiva, al presentar un periodo de retorno de tres años, supliendo la demanda energética en las épocas de mantenimiento y una inversión inicial de 93.500€, una cifra mucho más abordable para una pequeña empresa.

Estudiando la propuesta tanto térmica como eléctrica y teniendo en cuenta la naturaleza del proceso todo indica a que la industria del aceite vegetal se podría beneficiar de la propuesta fotovoltaica para cubrir sus consumos en los periodos de mantenimiento, ya que los periodos

de amortización no son muy extensos y la inversión inicial no es tan crítica como en otros apartados estudiados. La propuesta térmica queda descartada en tanto que no es favorable por el poco espacio disponible, además de que la mayoría del consumo térmico es suplido mediante la combustión de biomasa inherente al proceso de tratamiento de la aceituna [15].

Al igual que en apartados anteriores, se van a presentar una serie de industrias que encajan dentro de la categoría que se ha establecido y se van a analizar para ver si este tipo de medidas se implantan en las industrias:





Las empresas representadas, en orden de aparición son las siguientes: Finca Moraila, Campos de Uleila, Oro del Desierto y Almazara de Lubrín

Como se puede ver, en la mitad de las almazaras estudiadas cuentan con sistemas fotovoltaicos en sus cubiertas. Gracias a los datos del MIEA [25] es conocido que estas dos últimas instalaciones cuentan con 70 y 40kW instalados respectivamente, lo cual, según los datos del IDAE [6] son potencias inferiores a las nominales pero superiores a los consumos asociados al mantenimiento, por lo que se puede estimar que estas dos últimas instalaciones obtienen un beneficio a través de la venta de energía en épocas de mantenimiento, lo cual puede ser una ayuda tanto para diversificar el negocio, como se mencionó en apartados previos, como para acortar el tiempo de recuperación de la inversión realizada.

### 5.4.4. Industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos.

La industria conservera, al igual que la industria cárnica y a diferencia de las industrias estacionales de la uva y aceituna, presenta una demanda energética constante a lo largo del año, esto es así porque gracias a las técnicas de cultivo actuales y la globalización de los mercados, se puede disfrutar de frutas y verduras durante prácticamente todo el año. Si esto no fuera así, esta industria también presentaría un carácter estacional, ya que la mayoría de las hortalizas presenta entre dos y tres cosechas anuales.

#### Análisis del consumo térmico

Las conservas se caracterizan por un alto consumo térmico, debido a los procesados como el cocido, escaldado, frito, etc además de procesos de esterilización mediante agua caliente. Introduciendo los datos obtenidos en RESSSPI:

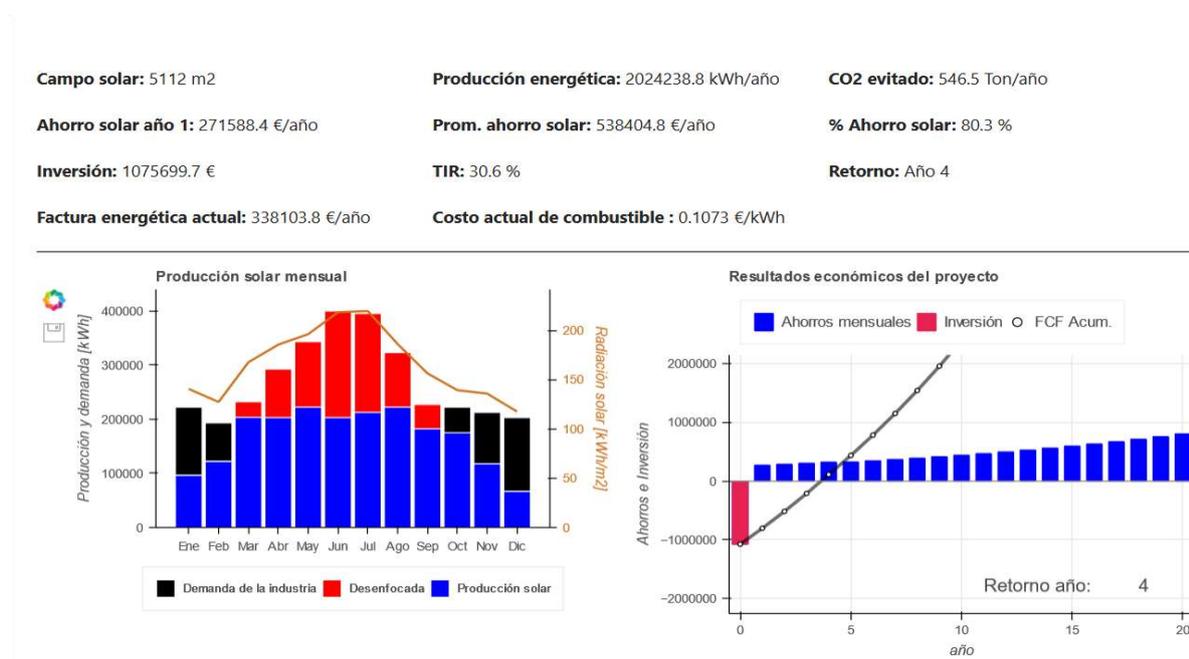


Figura 50: Resultados de la simulación de RESSSPI para el caso de industrias de conservas

Como se puede ver, este resulta el caso más favorable de los presentados hasta el momento, ya que a pesar de que la inversión inicial supera 1M€, ésta se recupera en solo 4 años. Estudiando la gráfica se ve que a pesar de la efectividad de esta medida, no se supe toda la demanda energética, esto es así porque RESSSPI asume un sistema de almacenamiento de energía que suplirá las carencias en los meses de menor radiación (octubre a febrero), disminuyendo así la necesidad de ampliación del campo de colectores. También se observa que se necesita una superficie mayor a la disponible en la mayoría de industrias de esta naturaleza, pero vista la alta rentabilidad, la compra de un suelo próximo a las instalaciones podría ser una inversión que se recuperaría en un periodo de tiempo muy próximo. También se podría estudiar la implementación de otras medidas menos contaminantes como el empleo de biomasa para reducir más aún la huella de carbono asociada a este proceso.

### Análisis del consumo eléctrico

Introduciendo de nuevo las cargas a lo largo del año, suponiéndose estas constantes al no existir la fuerte temporalidad que existía en los casos de las industrias estacionales, se obtiene lo siguiente mediante la ya conocida herramienta SAM:

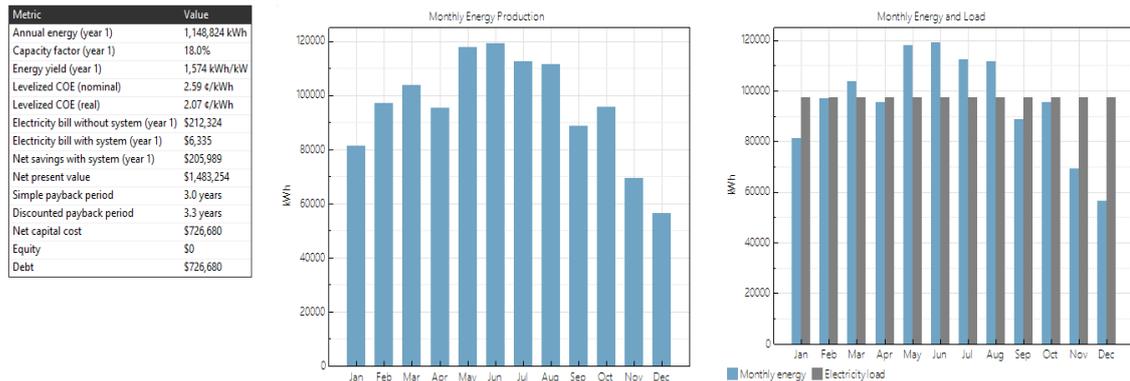
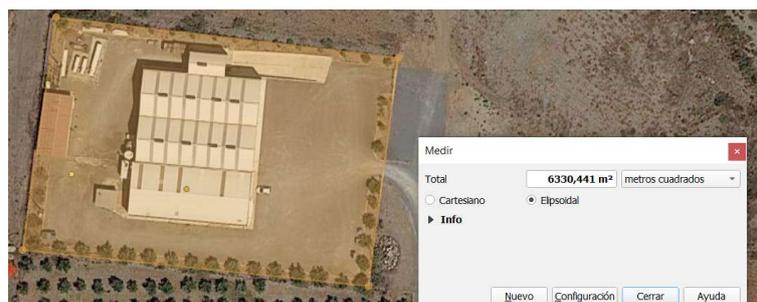


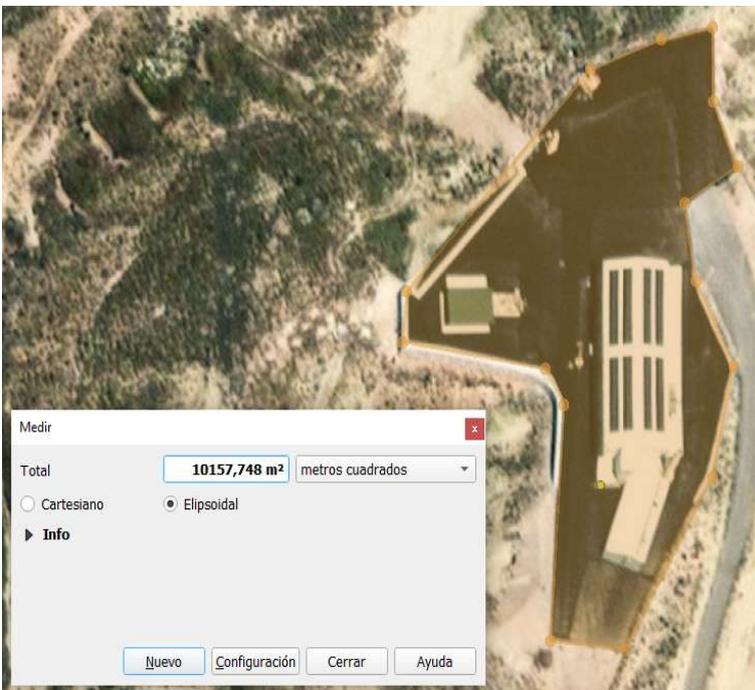
Figura 51: Resultados de la simulación de SAM para el caso de industrias de conservas

Al igual que sucedía para el caso de las industrias cárnicas, se suple la demanda casi por completo, exceptuando los meses de menor radiación que son los correspondientes al periodo entre noviembre y enero. El periodo de amortización es de tres años aunque el coste de la inversión es bastante elevado, alcanzando la cifra de 617.500€, por lo que podría ser una alternativa siempre que se disponga de ese capital o la empresa cuente con una robustez suficiente como para ser respaldada mediante inversores o programas de ayudas para la descarbonización de los procesos industriales [26].

Estudiando ambas propuestas todo indica a que la industria conservera se podría beneficiar de las propuestas tanto fotovoltaica como termosolar para cubrir sus demandas energéticas, ya que los periodos de amortización son relativamente cortos aunque la inversión inicial es crítica, especialmente para el caso fotovoltaico, siendo quizás más interesante una inversión en dos fases: una primera orientada a cubrir más demandas térmica mediante termosolar y posteriormente otra fase orientada al desarrollo fotovoltaico.

Finalmente, al igual que en los otros apartados, se va a proceder a presentar una serie de industrias tipo localizadas dentro de la provincia para estudiar si estas implantan esta serie de medidas:





Las empresas presentadas, por orden de aparición han sido: La Gergaleña, Conservas de Suflí, Industrias Alimenticias de Suflí y S.A.T Los Guiraos.

Como se puede ver, todas las industrias presentadas carecen de sistemas termosolares o fotovoltaicos a excepción de la última, que dispone tanto de instalación termosolar como fotovoltaica como se puede ver en . Esto se puede deber al modesto tamaño de estas empresas, al contar con unos pocos miles de metros cuadrados y al carácter artesano que viene asociado con esta serie de preparados o a la poca aversión al riesgo de estas pequeñas empresas.

## 6. Conclusiones

La labor desarrollada en este trabajo ha sido muy extensa. Primero se ha tenido que hacer una gran recopilación de datos: industrias agroalimentarias, instalaciones industriales, centrales fotovoltaicas, etc. Con su correspondiente análisis contextualizando la situación de cada unidad territorial mínima, en este caso las comarcas culturales de la provincia de Almería. Todo ello ha sido un proceso necesario para el fin último, que es el estudio de viabilidad de implantación de soluciones solares, tanto térmicas como fotovoltaicas sobre las industrias agroalimentarias de la provincia de Almería. Todo ello, se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 6: Resumen de resultados obtenidos

Tipo de empresa	Tecnología	Potencia a instalar (kW)	Superficie necesaria (m <sup>2</sup> )	Inversión necesaria (€)	Retorno (años)
Cárnica	SHIP	840	2016	486.000	4
	FV	515	2060	440.000	3
Bodega	SHIP	540	1296	337.000	8
	FV	115	460	170.000	3
Almazara	SHIP	1260	3024	683.000	24
	FV	110	440	93.500	3
Conservera	SHIP	2130	5112	1.075.000	4
	FV	730	2920	617.000	3

Analizando caso por caso, se puede ver que para todos los casos la propuesta fotovoltaica resulta atractiva, siendo en todos los casos el periodo de retorno de unos tres años, mientras que para el caso termosolar, las industrias estacionales como las bodegas y almazaras no son tan favorables; menos aún en el caso de las almazaras, ya que suelen suplir su demanda térmica mediante huesos de aceituna, subproducto del procesado de las mismas. En cambio para la industrias conserveras y cárnica sí puede suponer un gran ahorro, ya que las potencias a instalar son bastante elevadas, especialmente en el caso de la industria cárnica. Por tanto, se puede concluir que para las industrias cárnica y conservera, sería interesante la implementación de ambos sistemas, mientras que para las industrias estacionales, bodegas y almazaras, la opción más atractiva es la instalación de sistemas fotovoltaicos para suplir solo la demanda energética de los meses de mantenimiento, salvo que la empresa prefiera diversificar su línea de negocio como se hizo mención en apartados previos.

El único factor limitante en algunos casos donde las industrias son de tamaño especialmente pequeño, salvando los aspectos económicos, que dependerán de la solvencia, aversión al riesgo de la empresa y acceso a ayudas es la superficie disponible. En los casos estudiados la superficie de la cubierta de algunas industrias es claramente inferior a la necesaria para

suplir la demanda energética, pero bien al tratarse de industrias aisladas, el desarrollo de estas instalaciones en parcelas anexas a las de las industrias no debería de suponer un gran coste añadido.

Como se adelantó en el capítulo anterior, la provincia de Almería presenta un gran potencial del recurso solar, lo que se ha traducido en las simulaciones (a falta de datos más detallados obtenidos a pie de campo), en una clara oportunidad para la mayoría de las empresas estudiadas, dado que los periodos de recuperación de las inversiones son cortos y pueden suponer una gran reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> , especialmente para el caso de los procesos térmicos, que llevan asociados emisiones directas por consumo de combustibles fósiles como puede ser el gasóleo.

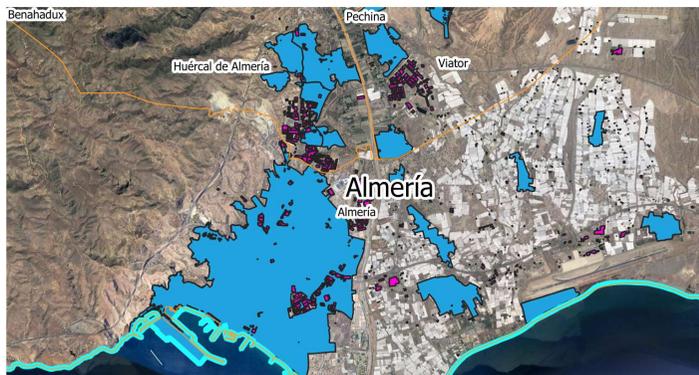
Aunque los periodos de recuperación son cortos, las inversiones pueden alcanzar grandes magnitudes, por lo que puede suponer un imposible para pequeñas empresas, por tanto, lo que se recomienda es favorecer esta serie de iniciativas mediante ayudas para evitar, como ya se mencionaba en la introducción, la desaparición de estas pequeñas industrias, que son el último bastión de algunas pequeñas poblaciones, que de no ser competentes se verían obligadas al cierre y consecuentemente a la despoblación de estas localidades, con el consiguiente deterioro patrimonial y cultural que ya es una realidad en otras comunidades.

## 7. Bibliografía

- [1] – Harbour Energy (2020). *La electricidad: palanca de desarrollo para la España Vacía*.
- [2] – Pérez, D., Cervantes, V., Mozetic, L., Morell, A., & Martín, M. (2011). Evaluación del potencial de energía solar térmica y fotovoltaica derivado del cumplimiento del Código Técnico de Edificación: Estudio técnico PER 2011-2020. *Plan de Energías Renovables 2011-2020*, 1–88.
- [3] – Silva, R., Cabrera, F. J., & Pérez-García, M. (2014). Process heat generation with parabolic trough collectors for a vegetables preservation industry in Southern Spain. *Energy Procedia*, 48, 1210–1216. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.137>
- [4] – Díaz-Urtiaga J., Espinosa-Nevado C., Gonzalez-Camacho J.; Andrés Paredes Salvador. (2015). *Análisis de potencial y oportunidades de integración de energía solar térmica en redes de climatización. Energía solar de concentración en una red de calor y frío en Jaén*.
- [5] – Gil, J. D., Ramos, J. A. R., García, M. P., Molina, M. M., Roperó, J., & Rodríguez, A. (2021). Techno-economic assessment of the use of Linear Fresnel Solar Collectors for the supply of heat in traditional fruits and vegetable processing industries in Almería ' s province. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 19, 1–6.
- [6] – Schweiger, H., Vannoni, C., Pinedo, I., Facci, E., Baehrens, D., Koch, M., Pérez, D., Mozetic, L., Montoya, C., Paredes, A., & Vázquez, R. (2011). Evaluación del potencial de la energía solar térmica en el sector industrial. Estudio Técnico PER 2011-2020. *Plan de Energías Renovables 2011-2020*.
- [7] – Mapas generales del ANE CC BY 4.0 ign.es, 2019
- [8] – España. Real Decreto-ley, Real Decreto 244/2019 de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 5 de abril de 2019, num 83, pp. 35674 a 35719.
- [9] – Sabores de Almería (25 de Julio de 2021) <https://saboresalmeria.com/>
- [10] – Redacción. (2015). *Los Vélez, referente mundial en el cultivo de almendro ecológico*. Diario de Almería. [https://www.diariodealmeria.es/agriculturadealmeria/Velez-referente-mundial-almendro-ecologico\\_0\\_965303512.html](https://www.diariodealmeria.es/agriculturadealmeria/Velez-referente-mundial-almendro-ecologico_0_965303512.html)
- [11] – Losa, J. L. (2021). *Almería se consolidó en el año 2020 como “huerta de Europa” con exportaciones por 3.000M.* El Confidencial. [https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2021-03-24/almeria-huerta-europa-exportaciones\\_3003979/](https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2021-03-24/almeria-huerta-europa-exportaciones_3003979/)
- [12] – Ente regional de la Energía de Castilla y León. (2008). *Plan de asistencia energética en el sector cárnico*. In Junta de Castilla y León & Consejería de Economía y empleo - Ente Regional de la Energía de Castilla y León (Eds.), *Estrategia De Ahorro Y Eficiencia Energética En España 2004-2012*.
- [13] – Cooperativas agroalimentarias. (2011). *Manual de ahorro y eficiencia energética del sector Bodegas*
- [14] – Fuentes-Pila, J., García, J. L. (2014). *Manual de eficiencia energética en bodegas*.

- [15] – Cooperativas agroalimentarias. (2011). *Manual de ahorro y eficiencia energética del sector Almazaras*.
- [16] – Baptista, F., Murcho, D., & Silva, L. L. (2014). *Manual de eficiencia energética en almazaras*.
- [17] – Cooperativas agroalimentarias. (2011). *Manual de ahorro y eficiencia energética del sector Centrales Hortofrutícolas*
- [18] – Canales, C., Amaiz, A., Viniegra, V., Ayuso, M., Peris, V., Eseberri, J. M., Díaz del Río, A., Orgaz, A., Gervás, C., Padula, C., Aguilar, J. M., Santamaría, M. P., Sánchez, P., & Colmenares, M. (2006). *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de los transformados vegetales*. In Centro de publicaciones, Secretario General Técnica, & Ministerio de Medio Ambiente (Eds.), *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- [19] – RESSSPI (25 de Julio de 2021) <https://www.ressspi.com/>
- [20] – Solatom (25 de Julio de 2021) <https://www.solatom.com/>
- [21] – IRENA (2021), *Renewable Power Generation Costs in 2020*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
- [22] – Precio del MWh (25 de Julio de 2021) <https://www.esios.ree.es/es/mercados-y-precios>
- [23] – van der Zee, B. (2018). *What is the true cost of eating meat?* The Guardian. <https://www.theguardian.com/news/2018/may/07/true-cost-of-eating-meat-environment-health-animal-welfare>
- [24] – Basterra, M. L., & Ozamiz, M. B. (2020). *Modelos de negocio en recursos distribuidos de electricidad*. Orkestra Instituto Vasco de Competitividad.
- [25] – Mapa de Infraestructuras energéticas de Andalucía (MIEA) (25 de Julio de 2021): <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es/informacion-energetica/cartografia-energetica-de-andalucia/mapa-de-infraestructuras-energeticas-de-andalucia-miea>
- [26] – Consejo de Ministros. (2020). *El Gobierno aprueba la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática a 2050*. Instituto Para La Difersificación y Ahorro de La Energía. <https://www.idae.es/noticias/el-gobierno-aprueba-la-estrategia-de-descarbonizacion-largo-plazo-que-marca-la-senda-para>
- [27] – Conserjería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. (2016). *Registro de Industria Agroalimentarias GRIA*. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/gria/>
- [28] – Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica. (2020). *Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA)*. [https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/inicio\\_estaciones](https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/riaweb/web/inicio_estaciones)

## ANEXO: Ampliaciones de figuras



### Entidades

-  Municipios
-  Comarcas culturales
-  Instalaciones industriales
-  Entidades de población

Figura 52: Ampliación de la figura 12 en ciertos municipios con referencia satélite

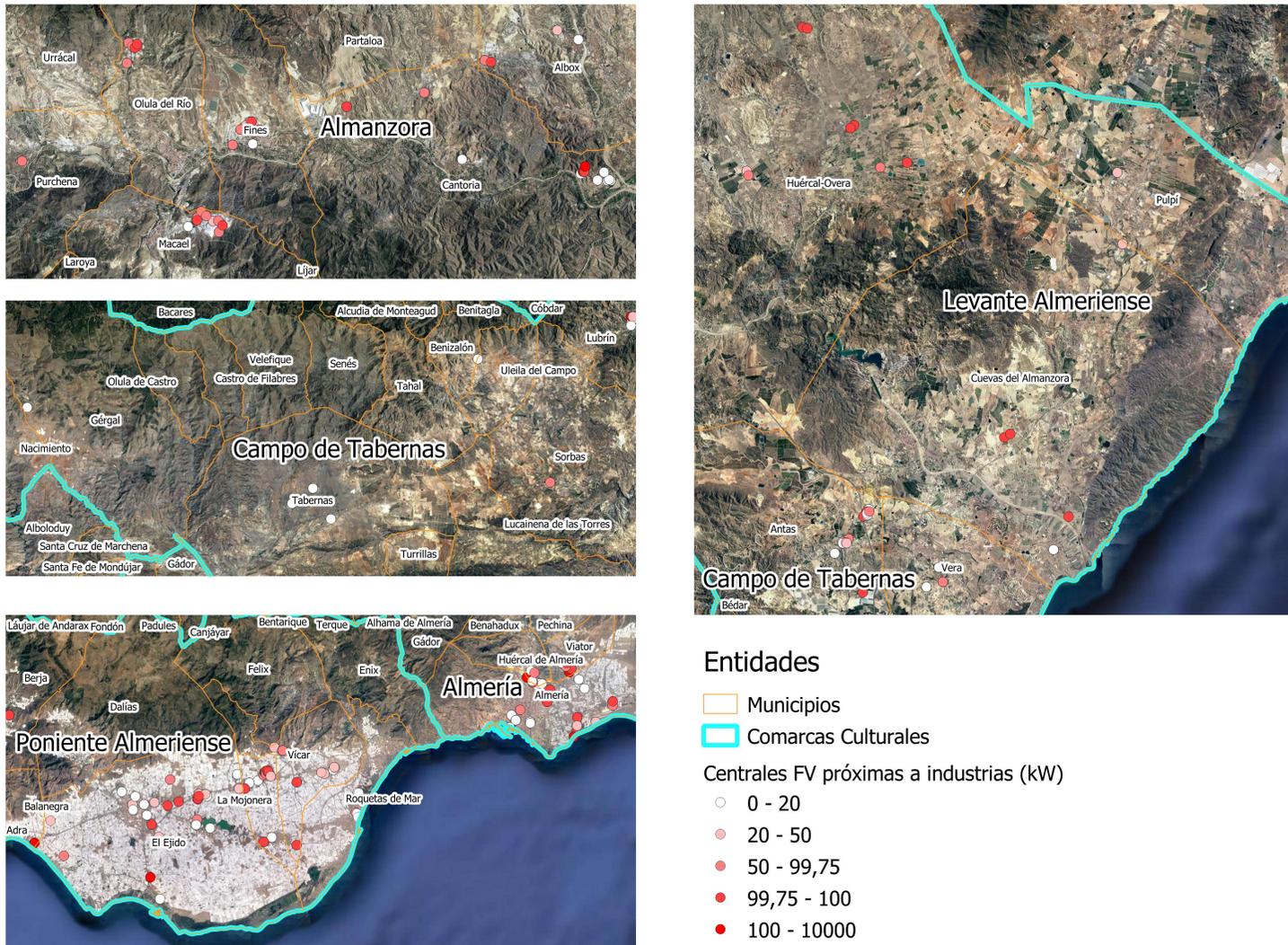


Figura 53: Ampliación de la figura 13 en ciertos municipios con referencia satélite

En este trabajo se ha llevado a cabo, en primer lugar, un estudio en profundidad de la actividad productiva de naturaleza semi-industrial de un conjunto de zonas rurales de la provincia de Almería con el objetivo de establecer la relevancia económica y social de dicha actividad y su potencial contribución al desarrollo social y económico de dichas zonas, y consecuentemente, a la lucha contra su despoblamiento. Sobre esta base, y después de realizar una selección de casos de estudio para los cuatro sectores productivos identificados como más relevantes, esto es, las Industrias cárnicas (fabricación de embutidos), las industrias enológicas (bodegas), las Industrias de aceites y grasas vegetales (almazaras) y las industrias de conservas vegetales, aderezos y rellenos se realiza un análisis tecno-económico del uso de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para el suministro energético de los diferentes procesos productivos de cada industria. Los resultados obtenidos permiten adelantar la viabilidad, para los casos de estudio representativos analizados, de los sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para las industrias cárnica y conservera, mientras que para las industrias estacionales, bodegas y almazaras, la opción más atractiva es la instalación de sistemas fotovoltaicos para suplir solo la demanda energética de los meses de mantenimiento.

In this work a in-depth study of the semi-industrial nature of the productive activity of a set of rural zones of the Almería's province is made with the objective to establish the economic and social relevance of that activity and it's potential contribution to social and economic development on those zones and consequently, the fight against depopulation. On this basis and after a selection of four cases of study of productive manufacturing industries identified as more relevant, being those the meat industries, the oenological industries, the oil and vegetable fats industries and the vegetables preserves, seasoning and stuffeds a techno-economic analysis of the use of solar thermic and photovoltaic solar systems for the energy supply of the different processes for each industry is made. The results obtained allow to advance the viability, for the cases studied, that the thermal and photovoltaic solar systems for the meat and preserves industry, whilst for seasonal industries, oenological and oil industries, the more suitable option is the installation of photovoltaic systems to only supply the energy demand on the maintenance months.

Palabras clave: micro-industrias, solar, fotovoltaica.

