



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Estudio de viabilidad para la instalación de energía
fotovoltaica en una industria de reciclaje de plásticos PET

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ciencias Ambientales

AUTOR/A: Úbeda Ibáñez, Guillem

Tutor/a: Añón Ayguavives, José Ignacio

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

RESUMEN

Desde el inicio de la industria, el ser humano ha precisado del uso de energía para el desempeño de un gran número de actividades.

Hoy en día nos encontramos con una gran variedad de posibilidades para obtener energía, buscando mayoritariamente la energía eléctrica para el uso industrial. Entre todas las posibilidades encontramos la energía solar fotovoltaica, la cual es una fuente relativamente moderna. Debido al gran desarrollo a nivel técnico y al gran auge de uso que ha tenido esta tecnología en los últimos años, encontramos en esta una fuente barata e interesante para producir electricidad, incluso para obtener un beneficio económico gracias a su rápida amortización.

El objetivo de este proyecto es estudiar la viabilidad e interés de la instalación de un conjunto de placas solares en la cubierta de una industria. En este caso la industria es ClearPET, empresa dedicada al procesamiento de plástico PET para su reciclado. Debido a su ubicación y su construcción, la edificación puede resultar interesante para este tipo de instalación.

Por una parte, se estudiará la viabilidad económica, viendo así el tiempo de amortización de la instalación y el ahorro anual que esta supondría una vez amortizada. Por otra, estudiaremos la reducción del impacto ambiental que se conseguiría al utilizar una fuente de electricidad únicamente renovable como parte del proceso industrial.

ABSTRACT

Since the beginning of the industry, humanity have required the use of energy to carry out many activities.

Today we find a wide variety of possibilities to obtain energy, mainly looking for electrical energy for industrial use. Among all the possibilities we find photovoltaic solar energy, which is a relatively modern source. Due to the great development at a technical level and the great boom in use that this technology has had in recent years, we find in it a cheap and interesting source to produce electricity, even to obtain an economic benefit thanks to its rapid amortization.

The objective of this project is to study the feasibility and interest of installing a set of solar panels on the roof of an industry. In this case, the industry is ClearPET, a company dedicated to processing PET plastic for recycling. Due to its location and construction, the building may be interesting for this type of installation.

On the one hand, the economic feasibility will be studied, seeing the amortization time of the installation and the annual savings that this would entail once amortized. On the other hand, we will study the reduction of the environmental impact that would be achieved by using a solely renewable source of electricity as part of the industrial process.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ESCENARIO ENERGÉTICO NACIONAL	1
2. ENERGÍA FOTOVOLTAICA	4
2.1 ORIGEN	4
2.2 PRINCIPIOS BÁSICOS	4
2.2.1 Células fotovoltaicas.....	5
2.2.2 Módulo fotovoltaico.....	7
2.2.2.1 Eficiencia.....	8
2.2.3 Inversor.....	8
2.2.4 Regulador.....	9
2.2.5 Baterías.....	10
2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	12
3. NORMATIVA Y AYUDAS	14
3.1 NORMATIVA	14
3.2 TRÁMITES ADMINISTRATIVOS	16
3.3 AYUDAS	16
4. INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA	19
4.1 CASO DE ESTUDIO	19
4.1.1 Orientación e inclinación.....	21
4.1.2 Elección de componentes.....	23
4.1.2.1 Placas solares.....	23
4.1.2.2 Inversores.....	28
4.1.2.3 Cableado y protecciones.....	31
4.1.2.4 Estructura.....	32
5. PRESUPUESTO Y RENTABILIDAD	34
6. RENTABILIDAD	35
7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	
8. BIBLIOGRAFÍA	

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores retos a los que nos enfrentamos hoy en día es, sin duda alguna, tratar de conseguir una producción y abastecimiento de energía respetuosa con el medio ambiente la cual sea suficiente para cubrir la demanda mundial.

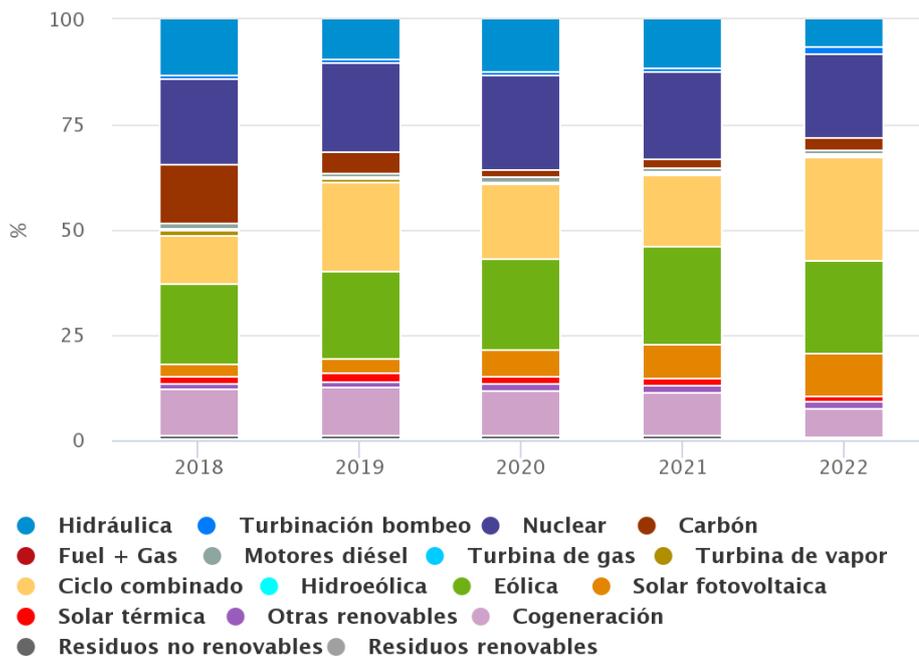
Debido a ello, en los últimos años se están realizando enormes investigaciones con la intención de desarrollar fuentes de energía las cuales sean eficientes y suficientemente productivas con las que podamos sustituir la producción de energía eléctrica a partir del uso de combustibles fósiles.

Hasta ahora han surgido numerosas alternativas, pero por el momento las energías que más fuerza se están cobrando son la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, aunque debido a su facilidad de aplicación hemos decidido centrar nuestro foco en la energía fotovoltaica. Esto se debe a que este tipo de producir energía se puede instalar en muchos sitios y de una forma fácil, pudiendo aplicarla a nivel doméstico sin grandes requerimientos técnicos ni inversiones.

Por tanto y según lo descrito anteriormente, este proyecto tratará de estudiar la viabilidad que tendría la instalación de placas fotovoltaicas en una empresa modelo. Con esto queremos demostrar que el uso de esta fuente de energía tiene una fácil aplicación a todos los niveles, y que además supondrá un ahorro económico en un tiempo relativamente corto de utilización.

1.1 ESCENARIO ENERGÉTICO NACIONAL

Para ser conscientes de la situación energética actual en España y las fuentes con las que se produce observaremos cual fue el origen de la electricidad en los últimos años



Fuente: www.ree.es

Figura 1. Origen de la electricidad consumida (%) en España entre 2018 y 2022.

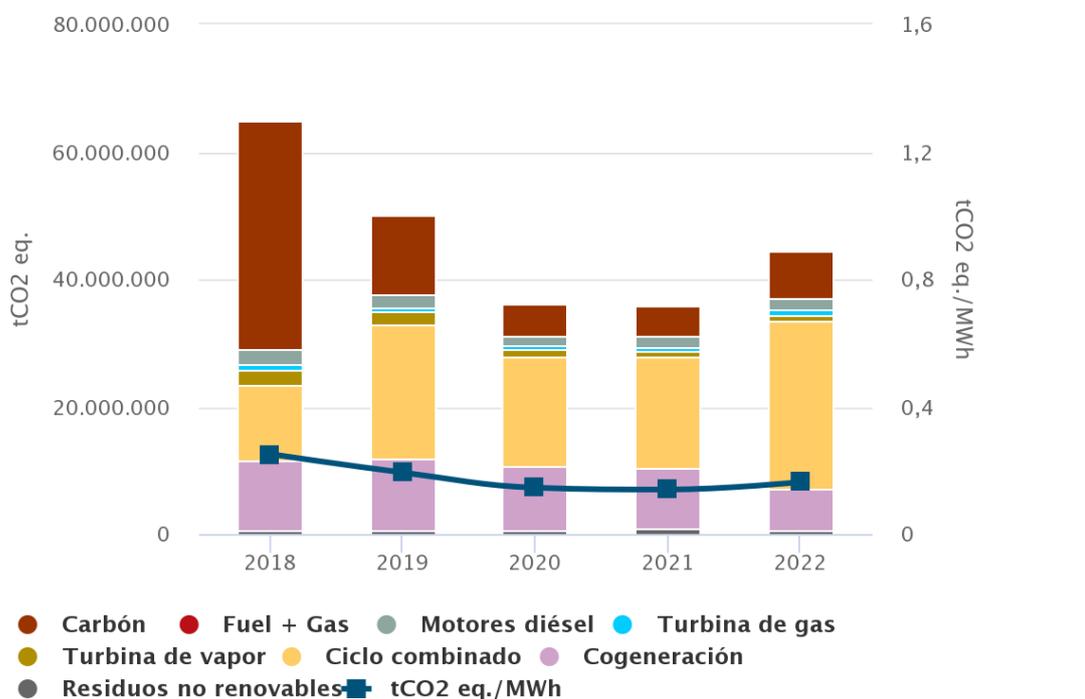
Observando en detalle los datos expuestos en el Anexo 1 podremos observar varios sucesos que ocurrieron durante el periodo observado.

Por una parte, se dio una importante reducción en la utilización del carbón, pasando de suponer un 14,3% del origen de la electricidad en 2018, a quedar relegado a un pequeño 2,8% al finalizar 2022.

También cabe destacar el aumento de la energía solar fotovoltaica, la cual pasó de suponer solamente un 3% en el año 2018 a crecer hasta un 10,% en el 2022. Esto nos indica que la inversión y el aumento de potencia está siendo importante y que nuestro proyecto se encuentra en la línea de tendencia actual.

Finalmente, no cabe olvidar que, aunque en general el mix energético está avanzando a una composición menos contaminante, aun nos queda mucho trabajo por hacer. Aunque menos contaminante que el carbón o el petróleo, el gas ha afrontado un enorme crecimiento en su uso para la producción energética en las plantas de ciclo combinado y ha pasado de suponer un 11,5% a un 24,7% en solamente 5 años. Con ello encontramos que ésta es la energía que más ha crecido, y además con una diferencia importante. No hay que perder de vista que las energías renovables (al menos no ahora, y no las que predominan en España) no son una fuente estable de producción de energía ya que dependen de factores como la irradiación solar o el viento y que por tanto deberán combinarse con energías que tengan una producción continuada y estable.

A pesar de este punto negativo, las emisiones de CO₂ están sufriendo una evolución descendente ya que el gas emite niveles de CO₂ mucho menores que el carbón.



Fuente: www.ree.es

Figura 2. Emisiones de CO₂ por producción eléctrica entre 2018 y 2022.

Así pues, aunque sufriendo un leve repunte en 2022, las emisiones de CO₂ han pasado de 64 mil millones de toneladas a 44 mil millones, descendiendo así más de un 30%.

Para concluir, y indicándonos finalmente que la evolución en España es positiva, observaremos como ha progresado la potencia instalada en nuestro país.

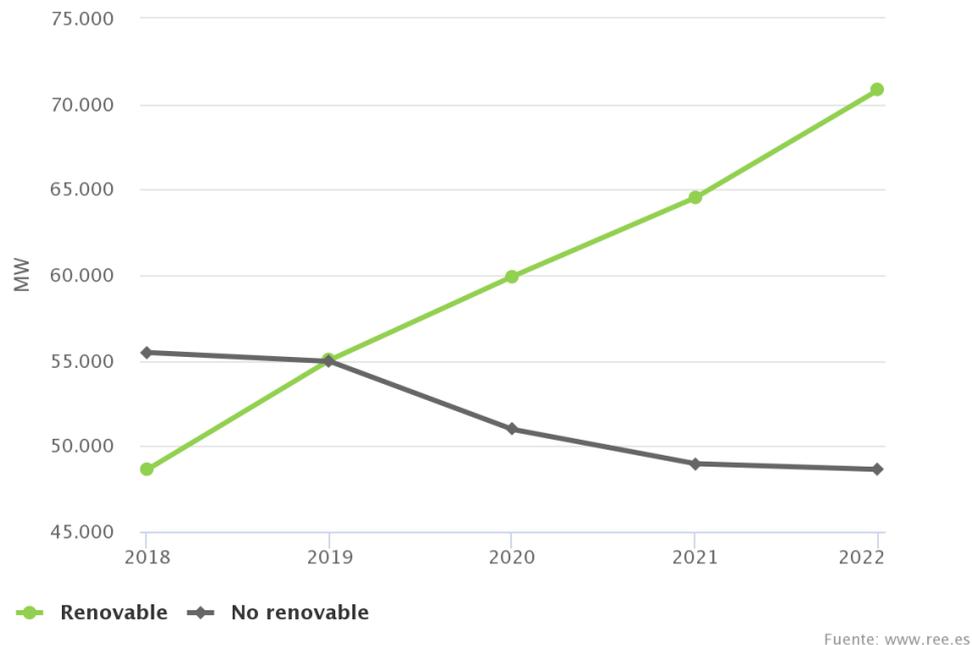


Figura 3. MW de potencia instalada en España por fuente de producción entre 2018 y 2022.

En 2018 el escenario en España no era bueno, ya que la potencia instalada era mayor en energías no renovables que en renovables, suponiendo respectivamente 55.473 MW y 48.628 MW. Solamente un año después, en el 2019, encontramos un punto de inflexión en el que la potencia prácticamente es la misma para las dos fuentes. Ya finalmente en 2022, la inversión en renovables había sido muy notable y colocó su potencia instalada en 70.824 MW, mientras que las no renovables descendieron a 48.636 MW.

2. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Después de ver la evolución positiva de las energías renovables y el descenso de las emisiones de CO₂, será necesario seguir trabajando en esta línea con tal de procurar que esta evolución siga en los próximos años de una forma exponencial, con la intención de lograr el objetivo de elaborar un mix sostenible y bajo en emisiones. En este caso vamos a focalizarnos en el uso de la energía solar fotovoltaica, ya que es una energía en pleno auge y evolución.

2.1 ORIGEN.

El efecto fotovoltaico se reconoció por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Este fenómeno lo descubrió mientras estudiaba la pila electrolítica la cual estaba sumergido en una sustancia con unas condiciones similares. Tras exponer la pila a la luz solar, Alexandre se percató de que se generaba más electricidad, y con ello descubrió la posibilidad de la conversión de la energía solar en energía eléctrica.

En 1883 fue construida la primera célula fotovoltaica por Charles Fritts. Estas primeras células fueron utilizadas para cosas tan simples como sensores de luz en cámaras fotográficas. Tras esto, diferentes investigadores como Albert Einstein fueron investigando y desarrollando esta tecnologías hasta que se alcanzó su uso comercial en 1957, donde fueron utilizados en satélites espaciales como el Explorer 1.

En 1970 empezó el uso doméstico de la energía fotovoltaica y a partir de ahí fue desarrollándose hasta llegar a el día de hoy, donde encontramos que la energía fotovoltaica vive un gran auge en tecnología y aplicación, consiguiendo el decrecimiento de los precios de una forma muy rápida y convirtiéndolo así en un producto asequible para muchas viviendas y empresas.

2.2 PRINCIPIOS BÁSICOS.

En el sol se producen continuas reacciones nucleares de fusión las cuales generan energía. Esta energía es llamada radiación solar. La radiación solar que llega a la superficie de la tierra es variable y menor de la emitida por el sol ya que la atmosfera terrestre actúa de filtro reductor.

La radiación se compone a partir de 3 tipos diferentes:

- Radiación directa: Radiación que se recibe desde el sol.
- Radiación difusa: Radiación la cual ha sufrido alteraciones en su dirección debido a el efecto de la atmósfera.
- Albedo: Es la radiación, tanto directa como difusa, que es reflejada por la superficie terrestre.

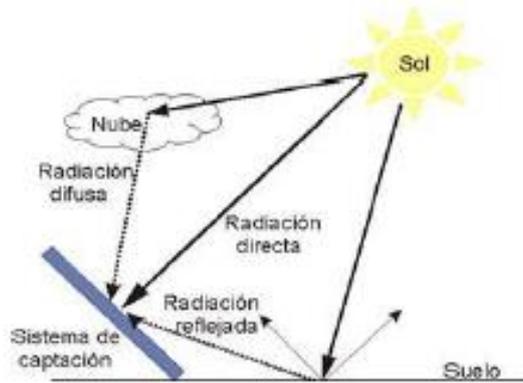


Figura 4. Radiación total que recibe un receptor.

Tras conocer el concepto de radiación, será importante conocer la irradiancia. La irradiancia es la radiación

que incide sobre una superficie concreta, y se mide en W/m^2 . La irradiancia que llega a la superficie terrestre es aproximadamente de $1000 W/m^2$ (contando con un cielo despejado). La irradiación será la irradiancia recibida en una superficie en un periodo de tiempo concreto, teniendo como unidad de medida el Wh/m^2 .

Para hacer una aproximación en la producción de una instalación solar necesitaremos saber cuanta energía solar llega a una zona concreta. Existen registros históricos de estos datos con los cuales podremos estimar cual será la irradiación futura en un lugar de interés. Encontramos diferentes bases de datos como las de la NASA, la AEMET, o la comisión europea las cuales se encuentran en continua actualización y mantenimiento.

La energía solar fotovoltaica permite convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. Este proceso sucede gracias a las células fotovoltaicas, las cuales suelen ir agrupadas formando placas solares.

2.2.1 Célula fotovoltaica

Una célula fotovoltaica es un dispositivo formado por la unión de dos materiales con diferentes características electrónicas que tiene la capacidad de transformar la energía solar en energía eléctrica. A este fenómeno se le denomina efecto fotovoltaico, y sucede gracias a las propiedades semiconductoras de la unión de los dos materiales.

- Unión semiconductor p-n:
 - Capa superior: material dopado con exceso de electrones (n)
 - Capa base: material dopado positivamente (p)
- Fotones -> electrones
- Campo eléctrico
- Electrodo:
 - Contacto frontal: (-)
 - Contacto base: (+)
- Diferencia de Potencial
- Circuito-> Corriente eléctrica

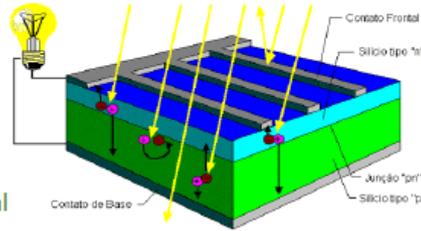


Figura 5. Composición y funcionamiento de una célula solar.

Mientras que la capa superior de la célula está formada por un material el cual contiene un exceso de electrones libres (n), la capa inferior está dopado positivamente (p). Así se consigue mantener un diferencial de potencia con el cual se genera un campo eléctrico con un flujo de corriente en un sentido único.

Cuando la luz solar incide en la parte superior se produce una excitación de los electrones, rompiendo los enlaces de algunos de estos. Al suceder esto, se forman pares de electrones-huecos. Algunos de estos electrones se alejan de la unión, y su movimiento provoca una corriente eléctrica. La acumulación de electrones produce un gradiente de potencial. Así pues, al conectar un circuito eléctrico a estos materiales, el flujo de electrones generará una corriente eléctrica hacia el exterior de la célula.

Existen diferentes tipos de células solares, las cuales presentarán eficiencias diferentes y variantes según las condiciones a las que sean expuestas. Es importante saber que según el material con el que se fabriquen las células se obtendrán unas propiedades diferentes, ya que aprovechará de forma diferente los fotones dependiendo de su longitud de onda. Por ejemplo, el Silicio es capaz de aprovechar muchas longitudes de onda, por lo que su eficiencia es bastante constante. Por otro lado, el CdTe (Teluro de cadmio) aprovecha mejor las longitudes cortas. Esto se refleja en que aunque no aprovecha tan bien la radiación directa, su rendimiento mejora con la radiación difusa, la cual cosa puede ser interesante en algunas instalaciones ya que se aprovecharán mejor momentos como el amanecer o los días nublados, llegando a suponer en algunos casos una producción mayor que si las células fuesen de silicio aunque su eficiencia sea menor en las horas pico de irradiación.

Células tradicionales	Eficiencia comercial
• Silicio monocristalino m-Si	20-22 %
• Silicio policristalino p-Si	18-19%
• Arseniuro de Galio GaAs	19%
• Células de capa fina	
• Silicio amorfo a-Si	9%
• Teluro de Cadmio CdTe	13%
• Seleniuro de cobre-indio-galio (CGIS)	12%
• Células orgánicas basadas en Polímeros	8%
• Células Tándem	
• Silicio amorfo y microcristalino (aSi+u-Si)	10%

Figura 6. Eficiencia de los diferentes tipos de células.

2.2.2 Módulo fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico se compone por la asociación de células fotovoltaicas en serie, y será la forma comercial con la que encontraremos a las células. Estos módulos están preparados para soportar las condiciones atmosféricas a las cuales se verán soportados.

Es importante tener en cuenta que cada célula tiene una tensión la cual es menor a 1 V en circuito abierto, variando según la tecnología utilizada. Esta tensión se ve reducida en el funcionamiento, quedando una tensión aproximada de 0,5V, la cual no es útil para la generación. Es por esto que las células se juntan en serie para así aumentar la tensión. Aunque no existen tensiones concretas, los módulos tradicionales suelen agruparse así:

- 12 V Voc= 22V → 36 células
- 24 V Voc= 31V → 48 células
- 30 V Voc= 37 V → 60 células
- 36 V Voc= 46 V → 72 células

Figura 7. Agrupaciones y tensiones de los módulos FV tradicionales.

Al igual que las células, existen diferentes tipos de módulos fotovoltaicos dependiendo su composición.

- Silicio monocristalino: Son los más utilizados actualmente. Las células están formadas por cristales de silicio monocristalino los cuales están orientados en la misma dirección. Su eficiencia con luz perpendicular es la más elevada. (20-22%).
- Silicio policristalino. Células compuestas por cristales de silicio los cuales no se orientan de manera uniforme. Su eficiencia es menor con una radiación perpendicular, pero mejora con otros ángulos de irradiación respecto a los monocristalinos.
- De capa Fina: Por ejemplo, los CdTe. Son módulos que presentan una menor eficiencia pero que aprovechan más la luz difusa, por lo que sus horas de producción son mayores y dependiendo las condiciones pueden resultar más productivos que los módulos de silicio.

2.2.2.1 Eficiencia

Es importante saber por qué motivo podemos decir que los módulos tienen un porcentaje concreto de eficiencia. Para saber este dato, solamente tendremos que aplicar una fórmula muy simple en la cual necesitaremos saber el área del módulo y su potencia pico.



Figura 8. Cálculo de la eficiencia de un módulo fotovoltaico.

En la fórmula observamos el dato de 1000 W. Se utiliza ya que se considera que la irradiación solar que llega a la tierra es de 1000 W para una superficie de 1 m².

Es importante tener en cuenta que existen otros parámetros a parte de la eficiencia para considerar la producción de un módulo. La calidad y diseño de los paneles jugarán un papel fundamental, ya que de poco nos servirá contar con una eficiencia alta si por el contrario la construcción es pobre y la vida útil del módulo es corta y sufre una reducción de eficiencia rápida debido al deterioro.

2.2.3 Inversores

Una vez los paneles fotovoltaicos transforman la irradiación solar en energía eléctrica será necesario modificar la corriente originada. Esto se debe a que la energía producida se encuentra en forma de corriente continua, pero en la mayoría de los usos necesitaremos disponer de la energía en forma de corriente alterna. Es aquí donde el inversor tendrá un papel fundamental. Existen 2 tipos diferentes de inversores.

- Inversores que toman la electricidad DC de las baterías. Estos inversores son más sencillos porque reciben una entrada de voltaje constante.
- Inversores acoplados. Suelen recibir la energía directamente de los paneles, por lo que la tensión que reciben no será constante

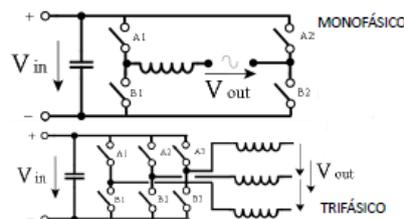


Figura 9. Esquema de un inversor monofásico y trifásico.

2.2.4 Reguladores

Los reguladores tienen el objetivo de gestionar la carga de las baterías, en el caso de contar con equipos de acumulación en nuestra instalación. Esto se debe a que, ya que la tensión de salida de los paneles es variable, y esto dañaría las baterías. Por ello, como su propio nombre indica, este equipo trata de regular la tensión de entrada a las baterías para que esta sea constante. Existen 2 tipos de reguladores.

- Regulador Todo o Nada. Básicamente se compone por un interruptor que detiene la carga cuando la batería está cargada. Para ello se utiliza la tensión de la batería como indicador, la cual es próxima a la tensión nominal de la batería. Cuando la carga disminuye, la tensión también lo hace. Esto será detectado por el regulador, el cual retomará el aporte de energía para cargar los acumuladores. El principal inconveniente de estos reguladores es que independientemente de la irradiación, los módulos funcionarían acorde a la tensión de la batería, con lo que la potencia producida no estará optimizada y la energía no será tan bien aprovechada, encontrándonos así con pérdidas de eficiencia importantes.

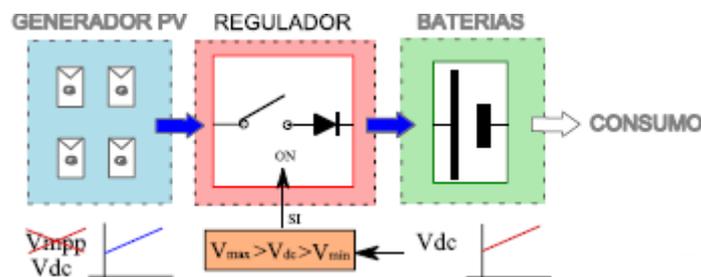


Figura 10. Esquema de un regulador todo o nada.

- Regulador con sistema de seguimiento MPP (punto de máxima potencia). Este tipo de reguladores tiene en cuenta la variación de generación en los módulos solares. Con esto, este tipo de regulador hará que los módulos trabajen a potencia máxima, aunque teniendo en cuenta la capacidad de la batería para aceptar la energía producida en los módulos. Cuando la carga de las baterías esté cercana a completarse, el regulador cambiará la tensión de trabajo de los módulos ya que las baterías no podrán aceptar una potencia tan elevada. Así pues, se moverá ajustando la intensidad y el voltaje para conseguir la potencia necesaria en cada momento.

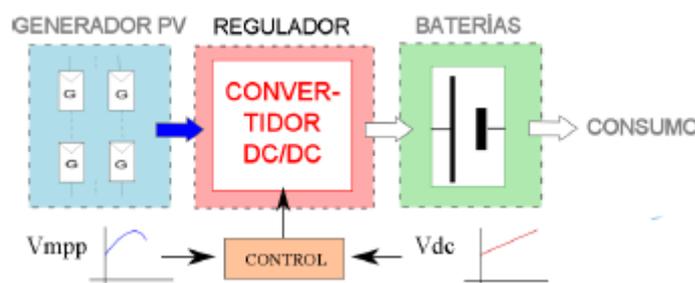


Figura 11. Esquema de un regulador con seguimiento MPP.

2.2.5 Baterías

Una batería es un dispositivo almacenador de energía. Esto lo consigue gracias a las reacciones químicas que ocurren en su interior con las cuales se consigue por una parte almacenar energía, y por la otra revertir este proceso y liberarla. En energía fotovoltaica permiten almacenar el excedente de energía producido en los momentos en que la energía producida sea mayor a la utilizada.

La utilidad de los acumuladores puede ser a corto plazo, por ejemplo cuando una nube pasa por encima de la ubicación en la que se encuentra la instalación. A medio plazo, por ejemplo para suplir la falta de producción que nos encontramos durante la noche. O a largo plazo, por ejemplo para afrontar un periodo de varios días con el cielo nublado. Cabe señalar que la capacidad de abastecimiento que podrán proporcionar las baterías se determinará por la capacidad de almacenaje de estas, así como la capacidad de la instalación fotovoltaica para generar la electricidad suficiente con la que garantizar su carga completa.

El mercado de las baterías está sufriendo unos cambios a gran velocidad al igual que sucede con los paneles solares. En pocos años estamos experimentando una evolución en las tecnologías utilizadas y en la eficiencia de las baterías.

Hasta ahora la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas que contaban con acumuladores solían disponer de baterías estacionarias. Estas baterías cuentan con un principio de funcionamiento basado en el plomo-ácido, elementos los cuales reaccionan entre sí produciendo un diferencial de potencial entre los bornes de la batería. Este tipo de baterías se componen por vasos independientes de 2V y con capacidades de entre 300 a 4500Ah. Los vasos individuales están conectados entre sí, formando así sistemas de diferentes voltajes, encontrando series de 12, 24, o 48V (6, 12, o 24 vasos). Aunque esta tecnología ha sido la principal durante muchos años está siendo actualmente en situación de decrecimiento debido a 2 factores principales:

- Vida útil relativamente baja: Suelen aguantar entre 1500 y 3000 ciclos de carga y descarga, dependiendo de la tecnología utilizada y de la profundidad de las descargas.
- Su capacidad de descarga es bastante baja, ya que suele tener máximos del 60%, y siempre a costa de reducir la vida útil de la batería. Por ello se puede considerar que aproximadamente la mitad de la energía acumulada en las baterías no estará disponible para su uso, lo cual es una enorme desventaja.

Aunque hasta hace poco su precio las volvía menos accesibles, la tecnología basada en la utilización del litio se está abriendo camino a gran velocidad. Esta tecnología está desarrollándose de muchas formas existiendo diferentes tipos de baterías dentro del litio. Actualmente, una de las más utilizadas en energía solar son las LiFePO₄.

Las baterías LiFePO₄ (Fosfato de hierro y litio) son un tipo de baterías que usan el LiFePO₄ como material para el cátodo. Debido a su coste bajo, toxicidad baja, o su estabilidad, este tipo de baterías están ganándose su sitio en el mercado.



Figura 12. Batería LiFePO4 Huawei

Las ventajas que tiene esta tecnología respecto a las baterías de ácido-plomo son las siguientes:

- El voltaje de las celdas de este tipo de baterías es de 3,2V durante toda la descarga, lo cual permite que su descarga sea casi total y aprovechar así un porcentaje de energía acumulada mucho más alto (80-90%) que en las baterías de ácido-plomo (40-60%).
- Por lo anteriormente citado, podemos conseguir 12,8V con solamente 4 celdas, mientras que con el plomo necesitaríamos 6 celdas para conseguir 12V. Esto se traduce en que podremos almacenar más energía en menos espacio, suponiendo las baterías de litio un peso hasta 10 veces menor.
- No tienen efecto memoria. Este fenómeno sucede en las baterías de plomo según van acumulando ciclos de uso, y produce la pérdida en su capacidad de almacenamiento debido a la pérdida gradual del voltaje.
- En baterías de calidad los ciclos de uso pueden llegar hasta los 10.000, lo que supone a estas baterías una vida útil mucho más larga.

Hasta ahora el problema que se podía encontrar en las baterías de litio era los peligros derivados de la incorrecta manipulación, teniendo como especial preocupación las altas temperaturas que estas baterías pueden alcanzar. Actualmente la tecnología LiFePO4 es considerablemente más segura y químicamente estable que otras tecnologías de litio anteriores, por lo que se pueden considerar fiables.

Actualmente aún se realizan instalaciones utilizando baterías de plomo, pero suelen estar destinadas a instalaciones aisladas las cuales tengan un uso menos continuo. Esto se debe principalmente a que su coste es menor y este tipo de instalaciones muchas veces se tratarán de hacer de una forma económica, debido a que las exigencias no serán altas.

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los sistemas fotovoltaicos son el conjunto de dispositivos necesarios para tener una instalación de producción de energía eléctrica fotovoltaica funcional.

Los sistemas fotovoltaicos necesitarán de diversos equipos a parte de las placas solares para su correcto funcionamiento. Dependiendo del sistema, necesitaremos más o menos equipos. Estos serán en general los anteriormente descritos. Placas solares, inversores, reguladores de carga y baterías.

Si no deseamos almacenar electricidad solo necesitaremos, a banda de los paneles solares, un inversor de corriente, mientras que si deseamos contar con un sistema de almacenamiento también necesitaremos contar además con baterías y un regulador de carga.

- De forma aislada. Este tipo de sistema no está conectado a ninguna fuente de energía externa, solo cuenta con la electricidad que es producida mediante las placas solares de la instalación. Este tipo de sistema puede suponer una enorme ventaja en zonas remotas las cuales tengan un difícil abastecimiento. La energía producida y no consumida podrá ser almacenada mediante el uso de baterías para su posterior uso, lo cual nos garantiza el suministro (limitado) en las horas de no producción.

Tipos de Sistemas Fotovoltaico

Aislado de la Red Eléctrica | Autónomo | Off Grid

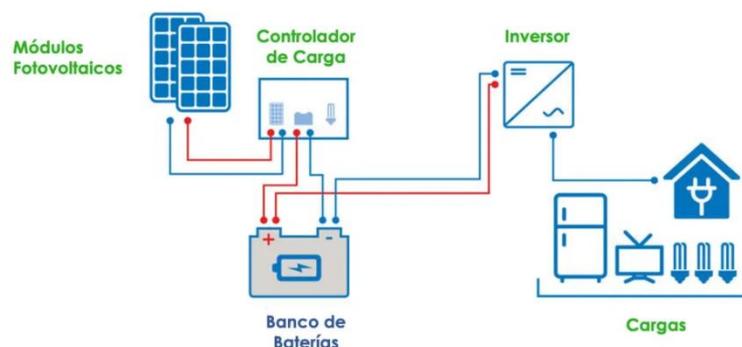


Figura 13. Esquema simplificado de un sistema solar aislado.

- Conectados a la red. Los sistemas fotovoltaicos podrán estar conectados a la red eléctrica. Esto supondrá 2 cosas. Por una parte, tendremos garantizado el abastecimiento cuando la demanda eléctrica sea mayor a la producida por nuestro sistema fotovoltaico sin contar con la limitación de la energía acumulada en las baterías, como sucede en un sistema aislado. Por otra parte, existirá la posibilidad de verter la energía a la red eléctrica en los casos en los que la producción sea mayor al consumo, por ejemplo en las horas centrales del día.

Tipos de Sistemas Fotovoltaico

Conectado a la Red | On Grid | Interactivo



Figura 14. Esquema simplificado de un sistema solar conectado a la red.

- De forma híbrida. Estos sistemas combinan la energía fotovoltaica con otro tipo de energía. Esto puede ser útil en zonas aisladas, en las cuales podemos apoyar la producción solar mediante por ejemplo un generador Diesel, aunque la mayoría de este tipo de instalaciones son respaldadas mediante la conexión a la red eléctrica.

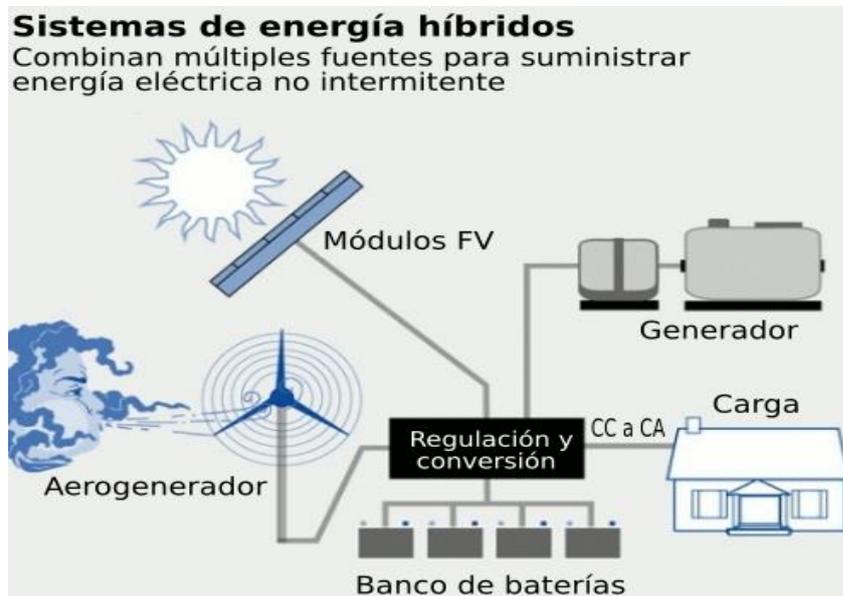


Figura 15. Esquema simplificado de un sistema híbrido.

3. NORMATIVA Y AYUDAS

3.1. NORMATIVA

Como cualquier otro ámbito, las energías renovables se encuentran dentro de un marco regulador el cual ha ido evolucionando a lo largo de los años, con la intención de adaptarse junto a la evolución de esta tecnología y sus nuevas necesidades. Desde que en 1980 se iniciase la normativa referente a este sector hasta hoy, los cambios y modificaciones que se han llevado a cabo han sido muy extensas.



Figura 16. Evolución de la normativa desde 1980 hasta 2017.

En este esquema se omiten las normativas publicadas en 2015 y 2019, ya que son las más importantes hoy en día y en las que tendremos más hincapié.

Aunque ya esté prácticamente derogado, el RD-Ley 900/2015 fue la primera regulación que tuvo el autoconsumo en nuestro país. Esta normativa tenía una gran complejidad técnica y contaba con grandes problemas como la implementación de cargos al autoconsumo. Fue poco después, cuando en el 2018 se lanzó el RD-Ley 15/2018, donde se realizaron cambios importantes en los modelos de autoconsumo facilitando la obtención de permisos y las tramitaciones, también se derogaron los cargos al autoconsumo. Finalmente, completando el RD-Ley 15/2018, se creó el RD-Ley 244/2019, donde se establecen de forma clara y decidida nuevas normas que apuestan de forma más fuerte por las energías renovables. Con el nuevo RD se consideraron las siguientes ventajas en lo que respecta a la energía fotovoltaica:

- Derecho al autoconsumo sin cargos.
- Derecho al autoconsumo compartido por uno o varios consumidores.
- Se elimina la obligación de que una instalación se encuentre en el mismo edificio donde se consume, permitiendo la instalación en sus proximidades. Esto permite instalar placas fotovoltaicas en edificios cercanos que tengan mejores características.
- Se elimina la obligación de darse de alta en el *Registro del Autoconsumo*.

- Simplificación administrativa. Las instalaciones que no vayan a verter en energía a la red (hasta 100 kW de potencia instalada) no necesitarán permiso de la compañía eléctrica para conectarse.
- Se contempla la facturación de los excedentes en pequeñas instalaciones, restando a la factura de la luz a precio del mercado mayorista la energía sobrante.
- Se elimina la obligatoriedad de que la potencia instalada en los paneles sea menor a la potencia de consumo.
- Se elimina el impuesto a las baterías.

Centrándonos en la legislación correspondiente a la energía fotovoltaica nos encontramos con una gran complejidad.

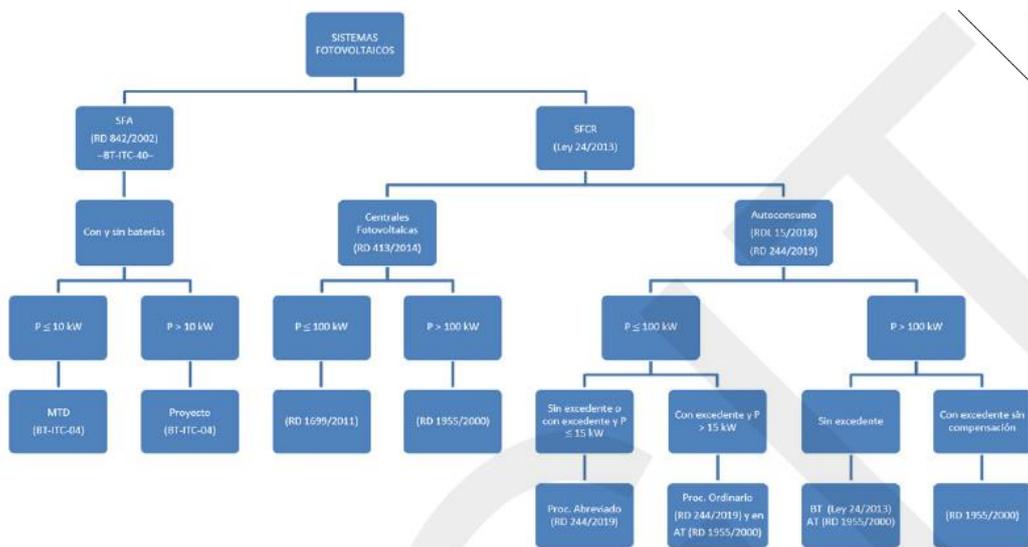


Figura 17. Diferente legislación fotovoltaica dependiendo de la instalación en España.

Dependiendo de si nos encontramos con un sistema conectado a la red (SFCR) eléctrica o con un sistema aislado (SFA), encontraremos diferencias en la normativa actual. En nuestro caso nos encontraremos con un SFCR, con lo cual la legislación será más compleja y se clasificará dependiendo de si la instalación está destinada al autoconsumo o si su función será únicamente inyectar energía a la red eléctrica. Así mismo, las instalaciones de autoconsumo se dividirán considerando si existe excedente o si no tiene excedente. Las instalaciones sin excedente necesitarán un sistema antivertido para que en el caso de existir energía generada sobrante no se inyecte a la red eléctrica.

3.1.1 Tramitación de la instalación

Previo a la realización de cualquier instalación fotovoltaica, se deberá llevar a cabo la tramitación de ésta para cumplir con todos los requerimientos legales necesarios. Este proceso puede implicar trámites a nivel estatal, autonómico y local, además de con la compañía distribuidora. Esto dependerá del tipo de instalación. Las etapas que se tendrán que cumplir para que se pueda llevar a cabo una instalación fotovoltaica serán las siguientes:

1. Diseño de la instalación.
2. Permiso de acceso y conexión y avales o garantías.
3. Licencia de obras e impuesto de construcciones y obras.
4. Autorizaciones ambientales y de utilidad pública.
5. Autorización administrativa previa y de construcción.
6. Ejecución de las instalaciones.
7. Certificados de instalación y de fin de obra.
8. Inspección inicial e inspecciones periódicas.
9. Autorización de explotación.
10. Contrato de acceso para la instalación de autoconsumo.
11. Contrato de suministro de energía para servicios auxiliares.
12. Licencia de actividad.
13. Contrato de compensación de excedentes.
14. Inscripción en el registro autonómico de autoconsumo
15. Inscripción en el registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica.
16. Inscripción en el registro de instalaciones productoras de energía eléctrica.
17. Contrato de venta de energía.

Estas serán el total de las etapas, pero dependiendo del tipo de instalación puede que algunas no sean necesarias.

3.2 AYUDAS EUROPEAS.

Debido al gran cambio de modelo energético que se está tratando de realizar, están surgiendo diferentes ayudas económicas para que la instalación de nuevas energías renovables sea más viable. Dentro de estas ayudas podemos encontrar diferentes paquetes económicos destinados tanto a promover el consumo de energías renovables bien a escala particular, encontrándonos ayudas destinadas a el uso residencial, como también a escala empresarial, encontrando ayudas destinadas a empresas dedicadas a diferentes actividades económicas.

Hoy en día, la unión europea está haciendo una apuesta fuerte por conseguir este aumento exponencial en el uso de energías renovables como también el desarrollo de muchos otros aspectos dentro de la unión europea. Es por ello que, tras la gran crisis que se sufrió a partir de la pandemia mundial de Covid-19, se decidieron aprobar los fondos europeos Next Generation.

El 27 de mayo del 2020 fueron aprobados los fondos Next Generation, contemplando una inyección de 750.000 M de euros en diferentes aspectos para mejorar la economía de la UE (imagen 18), los cuales se empezaron a repartir en 2021 y que seguirán en curso hasta el 2026.

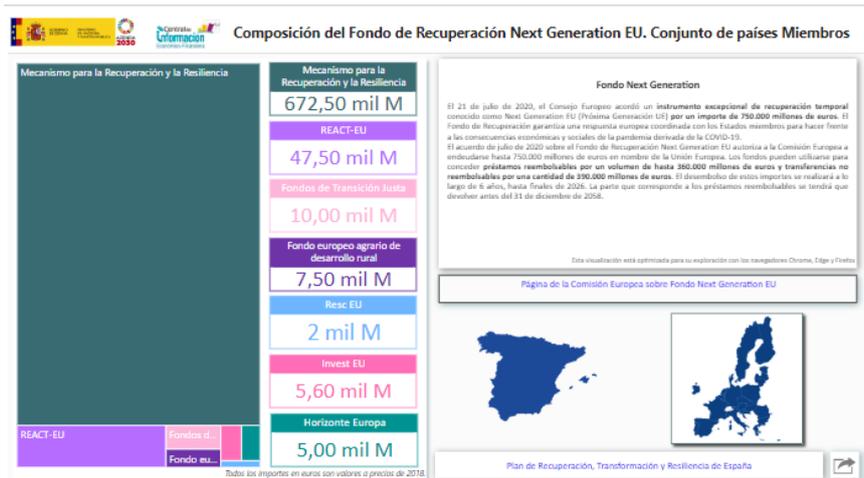


Figura 18. Diversificación total de los Fondos Next Generation .

Si nos centramos en nuestro país, podemos observar a partir de la imagen 19 que el aporte estimado para éste es de unos 153.000 M de euros, lo cual supone una cuantía muy considerable.

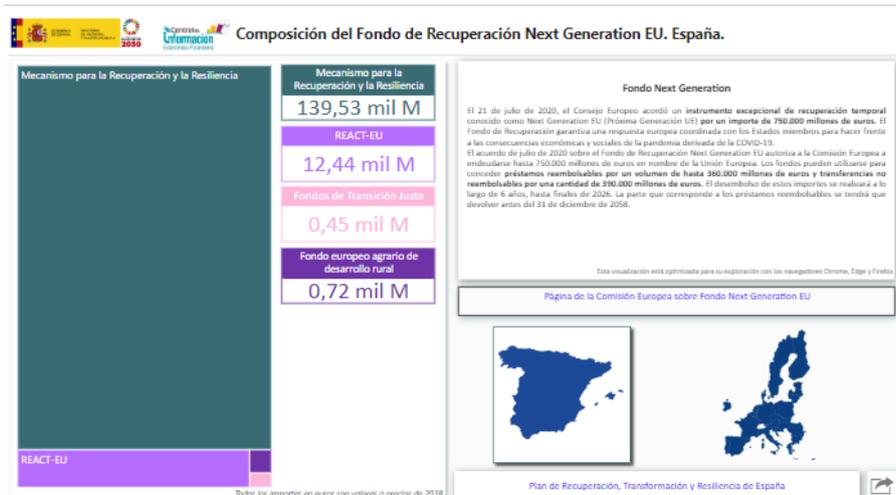


Figura 19. Diversificación de los fondos Next Generation en España

Como habíamos comentado, estos fondos serán destinados a muchas utilidades diferentes entre las cuales podemos encontrar el transporte, las infraestructuras, las telecomunicaciones, o el reciclaje entre otras. Para este proyecto necesitaremos acceder a los incentivos al autoconsumo y almacenamiento a partir de fuentes de energía renovable. En España, del total de los fondos Next Generation disponibles, encontramos un total de 660 M de euros como presupuesto inicial, los cuales pueden ser ampliables a 1.300 M de euros. De estos, nos interesan los hasta 900 M de euros que serán destinados a instalación de autoconsumo, ya que contemplamos que para nuestro proyecto no nos resulta de interés el almacenamiento de energía. Debemos saber que dentro del apartado de autoconsumo y almacenamiento a partir de energías verdes existen 6 programas diferentes, las cuales destinan parte de los fondos a acciones diferentes y diferentes beneficiarios, las cuales podemos diferenciar en la imagen 20.



Figura 20. Diferentes programas del apartado autoconsumo y almacenamiento.

Si nos fijamos bien, en el programa 2, encontramos la definición “Autoconsumo y almacenamiento en otros sectores productivos (industria y agropecuario)”, el cual es el programa en el que debemos poner atención. Como podemos observar, serán invertidos en este apartado 175 M de euros de forma inicial.

Tras conocer toda la información anterior, nos faltará saber que en España estos fondos son repartidos y gestionados por las diferentes comunidades autónomas, tal y como indica el Real Decreto 477/2021. En nuestro caso de estudio, ya que la ubicación de la empresa se encuentra en Alzira, pondremos nuestro interés en los fondos asignados a la Comunitat Valenciana, los cuales podremos observar a nivel general en la imagen 21.



Figura 21. Fondos de autoconsumo y almacenamiento en la Comunitat Valenciana.

Finalmente, tras la gestión de la GVA y tras la última ampliación presupuestaria realizada el 16 de junio de 2023, nos encontramos con unos fondos totales de 41.294.261 euros destinados a la instalación de autoconsumo en otros sectores (sin incluir aquí los fondos destinados a el almacenamiento).

Dado que nuestra instalación no se ha llevado a cabo y estas deben ser presentadas para poder optar a ayudas no podemos saber si sería aprobada o no, ni tampoco la cantidad económica que se dispondría para ello, ya que las ayudas se asignarán suponiendo diferentes importes correspondientes al total de los diferentes puntos contemplados dentro de la asignación de las subvenciones.

4. INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA.

Tras conocer la energía fotovoltaica, sus componentes, y sus posibles formas de uso, trataremos de aplicar esta tecnología en un caso de estudio concreto, en el cual trataremos de justificar la viabilidad de instalación de un sistema de energía FV.

4.1 CASO DE ESTUDIO.

En nuestro caso, deberemos decidir el tipo de instalación que queremos hacer y su aplicación. Debido a que tomo en consideración que las instalaciones domesticas están más explotadas me he decantado por analizar una empresa y tratar de aplicar esta tecnología en ella. Aunque no es algo novedoso considero que tiene su interés ya que en este ámbito se manejan cantidades de energía mucho más grandes con las cuales las magnitudes de consumo/producción pueden ser más visibles

La empresa elegida para realizar el proyecto es ClearPET S.L, una empresa la cual está situada en el término municipal de Alzira (València), concretamente en el polígono industrial "El Plà". Sus coordenadas son 39°10'32.2"N 0°27'27.0"W.



Figura 22. Fotografía aérea de ClearPET.

Esta empresa fue constituida en el año 2005, pero forma parte del grupo Martínez Cano. Este grupo lleva 75 años en actividad y tiene una constitución de 650 trabajadores separados en 7 empresas diferentes, las cuales centran sus actividades en el sector de la recuperación y el reciclaje.

ClearPET está enfocado en la gestión de envases plásticos fabricados con material PET (Tereftalato de polietileno) en su gran mayoría de procedencia nacional y contando como mayor cliente las distintas plantas de gestión de envases gestionadas por Ecoembes. Este material es un tipo de plástico muy utilizado en muchos sectores, pero encontramos su uso principal en la industria alimentaria. Los envases más característicos fabricados con este material son las botellas, encontrando en primer lugar las botellas de agua, pero también de refrescos, zumos, aceites, o productos para la limpieza. También es ampliamente utilizado en bandejas para envasar diferentes productos como carnes, vegetales, o procesados.

Una vez el material anteriormente preseleccionado en las plantas de gestión de envases entra en la empresa, será sometido a un proceso de separación dependiendo de varios parámetros como su color. Tras seleccionar el material viable para ser reciclado, se procederá a su limpieza y finalmente al triturado con la intención de producir escama. Esta escama será embalada y posteriormente vendida a otras empresas las cuales la usarán para producir nuevos envases procedentes de material PET reciclado.

Actualmente, la empresa se encuentra en un proceso de crecimiento debido al aumento del material primario tanto en su fabricación como en su reciclaje. Actualmente está constituida por un total de 72 trabajadores, por lo que se le atribuye la categoría de mediana empresa. Debido a su crecimiento, el pasado año 2022 se realizó un trabajo de ampliación con el cual se instaló una nueva cinta de producción, ampliando el número a 2, y también se construyó un nuevo patio con la intención de tener mayor capacidad de almacenaje de material PET tanto de entrada como del producto final.

En lo que respecta a la instalación eléctrica de la industria, nos encontramos con la presencia de un gran centro de transformación de 2.000kVA, el cual está compuesto por dos transformadores. Desde allí salen diversos cableados de baja tensión los cuales servirán para alimentar las diferentes partes de la planta, desde la maquinaria hasta el alumbrado. La potencia eléctrica contratada en el año 2013 era de 800 kW, aunque es posible que se haya aumentado en el último año debido a la ampliación de la empresa y el aumento de maquinaria.

Hoy en día, la empresa cuenta con una superficie total de unos 32.000 m², y una superficie construida de unos 5.500m². Con esta importante superficie de la cubierta libre y contemplando que actualmente la empresa se encuentra en un buen momento, se propondrá la posibilidad de proceder a realizar una instalación de placas fotovoltaicas en la cubierta de la nave principal, ya que consideramos que, debido a la ubicación, la rápida instalación, su relativo barato coste, y la rápida amortización del producto, puede suponer un producto interesante para la empresa.

Inicialmente la superficie de interés era la comprendida por la cubierta de la nave principal, la cual constaba de unos 3500 m².



Figura 23. Superficie útil antes de la ampliación de 2022.

Tras la ampliación de la empresa mediante la instalación de una nueva cinta de procesado la superficie de cubierta inclinada fue ampliada aproximadamente en 1150 m².



Figura 24. Superficie de interés de nueva construcción.

Finalmente, partimos de una superficie de 4650 m². En esta superficie encontraremos partes sobre las cuales no se podrá instalar, por lo que habrá que tenerlas en consideración para estimar la superficie útil. Esto no lo podremos hacer de forma exacta al no poder acceder a la cubierta y tomar medidas, pero se tratará de estimar gracias a las imágenes satélite. Tras hacer una estimación y descartar las zonas con obstáculos y los dejados con poco interés de instalación, decidimos que tenemos una superficie útil de unos 2700 m².

Por una parte, encontramos que el uso de energías renovables siempre será beneficioso para la empresa debido a que el uso de energías más sostenibles reducirá su impacto ambiental y también aportará buena imagen al observar su compromiso con el medio ambiente. También se esperará una rápida amortización de la inversión inicial que se reflejará en un ahorro económico en la factura de la luz de la empresa.

4.1.1 Orientación e instalación.

Uno de los factores más importantes a la hora de diseñar una instalación fotovoltaica es considerar cual será la orientación que debemos dar a nuestros paneles solares. Muchas veces las instalaciones sobre cubierta se pueden ver condicionadas por la orientación de la construcción, así como los elementos que nos podemos encontrar en la misma cubierta los cuales puedan dificultar la instalación. En nuestro caso, contamos con la suerte de que la nave de la empresa tiene una buena orientación, prácticamente siguiendo una línea norte-sur, teniendo una desviación aproximada de unos 5°. Normalmente se suele considerar que la orientación óptima para los paneles es completamente hacia el sur, con un azimut de 0°. En este caso, ya que nos interesa saber con exactitud cual será el azimut más apropiado para la instalación, utilizaremos la herramienta PVGIS. Esta es una herramienta de uso libre y fiable con la cual nos podemos apoyar y dar unos datos bastante aproximados sobre las características que debemos otorgarle a nuestra instalación dependiendo del emplazamiento y de la producción eléctrica que se esperará obtener de ella. En nuestro caso y para nuestra ubicación, PVGIS nos recomienda un ángulo de 2° para el azimut, considerándolo el más óptimo.

Teniendo en cuenta que la desviación de nuestra construcción es muy baja respecto al azimut óptimo, la instalación se realizará siguiendo la dirección de la cubierta inclinada ya que la diferencia de producción es ínfima.



Figura 25. Desviación de la nave respecto al norte.

Por otra parte, otro parámetro que se tendrá que valorar es el de la inclinación de los paneles respecto al horizonte. La inclinación óptima nunca será la misma al largo del año, ya que el sol va cambiando su posición y por tanto la inclinación iría variando a lo largo del año entre aproximadamente 20° y 50° en nuestra localización. Es por ello por lo que usualmente se trata de calcularla de la forma más productiva para el conjunto del año, y así tener el máximo aprovechamiento dentro de lo posible. Siguiendo la herramienta utilizada para la orientación daremos nuevamente uso a la aplicación PVGIS, la cual también nos calcula de forma muy fácil cual será la inclinación óptima. Para nuestro caso se estima que en nuestra ubicación el mejor ángulo será de 36° .

En nuestro caso nos encontramos con un techo con una leve inclinación. Aunque no tenemos los planos de construcción podemos realizar una estimación del ángulo. En este caso, y tras observar las imágenes, podemos tomar como referencia que contamos con una inclinación aproximada de 20° . Aunque esta inclinación no sea la de óptima producción muchas veces se decide realizar la instalación directamente anclada a la cubierta inclinada, obviamente contando con una estructura, pero sin que ésta tenga una inclinación extra. Esto se debe principalmente a que el precio de una estructura es elevado, ya que además del coste de la perfiles se necesitará una estructura sólida la cual aguante las inclemencias del tiempo, principalmente el viento. Estas estructuras necesitarán de tirantes o vientos que aseguren su buen anclaje frente a episodios de rachas de viento.

Hemos tomado esta decisión tras hacer una rápida comparativa a través de la utilización del PVGIS. En esta simulación hemos obtenido que, aunque la diferencia de ángulo sea grande y la inclinación pase de los 36° óptimos a los 20° de la cubierta, la eficiencia de los módulos solo descenderá un 3,29%. Sin ninguna duda, teniendo en cuenta los costes y dificultades técnicas, consideramos que ésta es una opción mucho más viable.

Diferentes puntos son destacables en este punto, pero por desconocimiento técnico y descarte no se tendrán en cuenta a la hora de decidir la inclinación.

- Por una parte, la mayor inclinación de las placas supondrá una mayor carga para el techo de la nave ya que se requerirán medidas de sujeción debido a que las fuerzas del viento serán

más incidentes y por tanto habrá que aportar un mayor anclaje. Desconocemos las propiedades arquitectónicas de la construcción, por lo que no sabemos como de viable sería la opción de instalar una estructura inclinada a 36º

- Es importante conocer que existen instalaciones con seguimiento solar. Este tipo de instalaciones cuentan con una motorización de la estructura de montaje, la cual se mueve según la orientación del sol gracias a un conjunto de sensores lumínicos. Esto aumenta considerablemente la eficiencia de la instalación fotovoltaica, pero tiene el inconveniente de que los precios tanto de instalación como de mantenimiento se disparan considerablemente. Es una técnica poco utilizada en pequeñas instalaciones debido a sus dificultades técnicas.

4.1.2 Elección de componentes.

Tal y como ya hemos mencionado, la energía solar y su mercado se encuentran en un auge casi exponencial hoy en día. Es por ello que la variedad de productos que existen es infinita. Podemos optar por marcas líderes en el sector o bien elegir alternativas con menos renombre pero más económicas. Lo definitivamente importante será realizar una búsqueda que nos ofrece el mercado y seleccionar aquellos componentes y materiales que se adecuen más a nuestra instalación, tratando siempre de optar por opciones de calidad y fiables.

4.1.2.1. Paneles solares

El componente más abundante en nuestra instalación a la par que el más llamativo. En el gran mar de marcas hemos optado por seguir las tendencias del mercado y optar por una marca puntera y fiable. En este caso se ha decidido optar por la marca Jinko Solar. Esta empresa ha sido la que más potencia ha vendido en el primer cuatrimestre de 2023, tal y como indica un estudio de Solabre Global.

SOLABRE GLOBAL Top 10 Module Suppliers in H1 2023 (by shipment volume)		
Rank	Module Supplier	Shipment (GW)
1		30-31
2		27-28
2		27-28
4		24-25
5		≈14
6		11.7
7		11.5
8		11-12
9		7.5
10		4.5

Figura 26. Principales vendedores de energía solar en el 1r cuatrimestre de 2023.

Dentro de esta marca nos hemos decantado por el modelo Tiger Neo N-type 72HL4-(V), el cual nos ofrece una potencia pico de 565W en condiciones STC (Irradiancia de 1000W/m², Temperatura de

25°C en la célula). En este modelo encontramos un panel de silicio monocristalino que cuenta con una eficiencia energética del 21,87%, además de una baja degradación anual, suponiendo el 0,4% durante 30 años entre otras características. (Consultar Anexo 1). Será importante saber que sus dimensiones son de 2278×1134×35mm, para poder así calcular el número de placas que deseamos instalar.

En el caso de que decidiésemos instalar una estructura para inclinar las placas, habría que tener en cuenta que esta inclinación produciría sombras, por lo que sería necesario calcular el espacio necesario entre cada fila de paneles para así evitar la presencia de sombras. Para realizar este cálculo, seguiríamos las indicaciones del IDAE, el cual recomienda tomar como referencia la inclinación del sol el día 21 de diciembre a 2 horas del mediodía solar, ya que se considera la posición más baja del sol durante el año. Este ángulo es de 23,7°. Sabiendo las dimensiones de los paneles i la inclinación que les queremos dar, bastaría con hacer unos cálculos trigonométricos simples para obtener la separación entre los módulos.

Como en nuestro caso hemos decidido realizar la instalación sobre el techo de la nave no se producirá sombreado entre las placas, por lo que el siguiente paso será determinar el número de placas que deseamos instalar y cuál será su ubicación. Ya que disponemos de superficie, vamos a tratar de utilizar solamente la más adecuada. En nuestro caso contamos con varias zonas en la cubierta. Principalmente tenemos dos partes, la zona con inclinación norte y la zona con inclinación sur. Como hemos nombrado anteriormente, se debe intentar orientar siempre los paneles hacia el sur en nuestro hemisferio, por lo que solamente vamos a utilizar esta área de la cubierta inclinada. Por otra parte, tenemos una cubierta que tiene la orientación diagonal a los otros, encontrándonos una orientación este-oeste (nº 5 en la imagen). En un principio vamos a decidir no instalar placas en esta zona de la cubierta, aunque no sería descabellado ya que si consideramos que la parte oeste cuenta con un azimut de 85° y la parte este de 95°, y teniendo en cuenta las estimaciones de eficiencia que nos ofrece PVGIS, nos encontraríamos con una pérdida de un 13,1% y un 15,9% respectivamente. Estas cantidades de pérdida son significativas, pero en un caso de necesidad o en el que se valore más producir la máxima cantidad de energía sin primar por la eficiencia, la instalación podría plantearse.

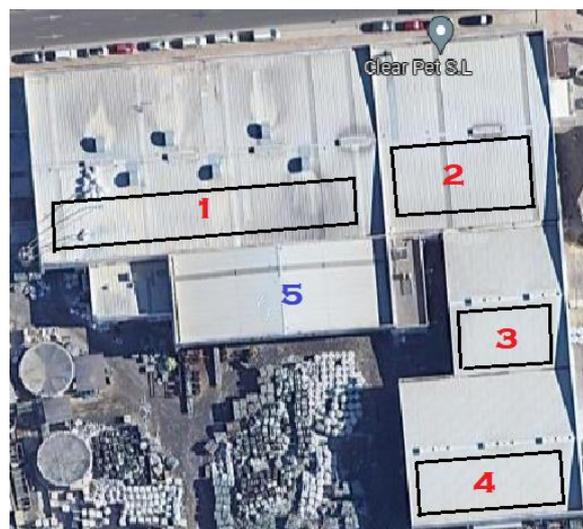


Figura 27. Zonificación de la cubierta para la instalación de placas.

Contando que los módulos irán pegados entre sí al no tener una estructura de inclinación será fácil estimar cuántos paneles cabrían en cada cubierta y por tanto cuántos podríamos instalar.

En primer lugar, en la zona denominada como "1", contaremos con unas dimensiones de unos 52 metros de largaria y con unos 8 metros de anchura. Teniendo en cuenta las dimensiones de los paneles podríamos instalar 154 paneles, constituyendo 7 filas y 22 columnas con una orientación horizontal.

En la zona de cubierta "2", nos encontramos con unas dimensiones de unos 24 metros de longitud y con 12,5 metros de anchura. Podríamos instalar 110 paneles constituidos por 11 filas y 10 columnas con una orientación horizontal.

En la cubierta "3" dispondremos de 15 metros de largo y 10,5 metros de ancho. Esto supondría la posibilidad de instalar 54 paneles, constituyendo 9 filas y 6 columnas con una orientación horizontal.

Finalmente, y para la cubierta "4", dispondremos de 24 metros de largo frente a 10,5 metros de ancho. Podríamos instalar un total de 90 paneles, compuestos por 9 filas de 10 columnas dispuestas en posición horizontal.

Tras hacer una estimación hemos llegado a la conclusión de que como máximo se podrían instalar la cantidad de 408 paneles solares teniendo en cuenta las dimensiones de los paneles Jinko elegido. Esta cantidad de placas, a una potencia pico de 565W por placa, nos lleva a que la potencia pico de la instalación será de 230,5 kW.

Aunque esto sería lo que para nosotros sería ideal, ya que a mayor potencia instalada el precio relativo de instalación será menor y la amortización de la instalación será más rápida nos encontramos con un problema importante ya que hasta 100 kW de potencia nominal instalada la compañía eléctrica no tiene capacidad de intervenir, pero a partir de ahí es esta quien tiene que decidir si otorga o no autorización para realizar una instalación de dicho calibre. En nuestro caso, nuestra potencia nominal aproximadamente doblaría los 100 kW, por lo que nos podríamos encontrar fácilmente con dificultades e impedimentos por parte de la compañía eléctrica. Es por ello por lo que, aunque no era nuestra primera opción, vamos a optar por hacer una instalación que no supere los 100 kW de potencia nominal.

Decidiremos pues colocar la cantidad de 203 paneles fotovoltaicos, los cuales producirán una potencia pico en las placas de 114,7 kWp. Ya que dispondremos de espacio más que suficiente para instalar todos los módulos fotovoltaicos tomamos la decisión de distribuir los paneles de una forma más práctica. Constituiremos grupos de 6 u 8 módulos, formados por 2 columnas con los paneles en vertical, las cuales tendrán 3 o 4 filas dependiendo los metros disponibles de cubierta. Entre grupo y grupo, dejaremos 1 metro de separación. Esta distancia de separación nos servirá para poder acceder a la totalidad de los módulos para realizar las futuras operaciones de mantenimiento. Esto nos ahorrará mucho trabajo a la hora de mantener la instalación, ya que no habrá que desmontar módulos para llegar a otros, recortando mucho tiempo de mano de obra el cual se reflejará recortando los precios de mantenimiento. A continuación, podremos observar cómo quedaría dicha distribución



Figura 28. Distribución final de los paneles.

Para poder realizar esta vista en la cual hemos integrado los paneles sobre la imagen de la cubierta inclinada de forma dimensionada hemos utilizado la aplicación Sunny Desing. Esta aplicación será utilizada durante todo el planteamiento de la instalación e irá cobrando más importancia.

Finalmente, obtenemos que en la cubierta 1 dispondremos de 15 grupos de 6 placas, contando con un total de 90. La cubierta 2 tendrá 7 grupos de 8 placas, con un total de 54. En la cubierta 3 tendremos 5 grupos de 8 placas, con un total de 40. Finalmente, los 17 paneles restantes se encontrarán unidos de forma consecutiva en la cubierta 4, ya que al existir una sola fila no habrá problema con el acceso a los paneles.

Una vez que hemos decidido los paneles que vamos a instalar y prefijado una ubicación, podemos calcular cual será la producción de esta instalación fotovoltaica gracias al uso del programa PVGIS.

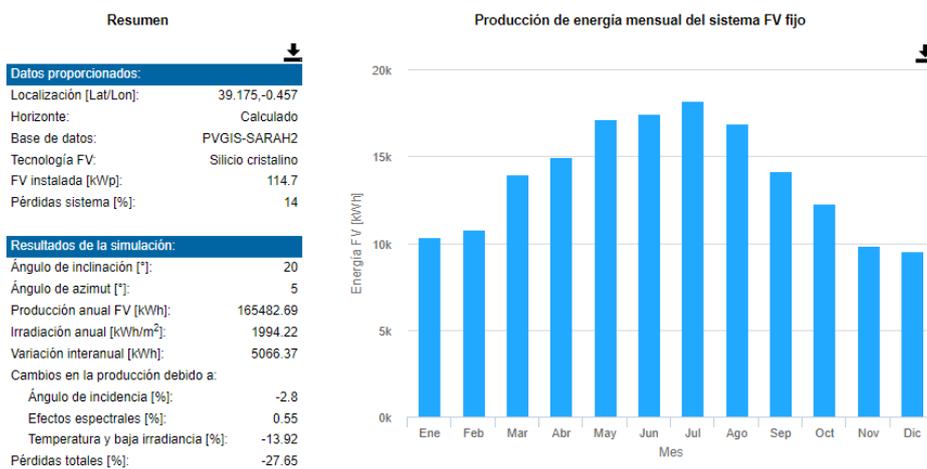


Figura 29. Datos de la instalación y producción en un año según PVGIS.

En esta tabla vemos todos los datos que hemos introducido con las características de nuestra instalación y cual será la producción esperada en un año. Esta producción se encuentra en unos 165483 kWh.

Aunque hasta ahora no lo hemos comentado, una instalación solar tiene muchas pérdidas. En primer lugar, encontramos pérdidas provocadas por la suciedad, por el cableado, o por la transformación de CC a CA. Estas pérdidas se pueden calcular con precisión, pero este no es el objetivo de nuestro proyecto por lo que vamos a utilizar el valor que nos sugiere PVGIS, donde se estima que estas pérdidas son aproximadamente de un 14%. Además de este tipo de pérdidas existe otro que es de gran importancia; la temperatura. La temperatura supone un gran problema en nuestra zona ya que, con el aumento de ésta, la producción del panel cae en picado.

A continuación, podemos observar la relación que existe entre eficiencia y temperatura para nuestro panel.

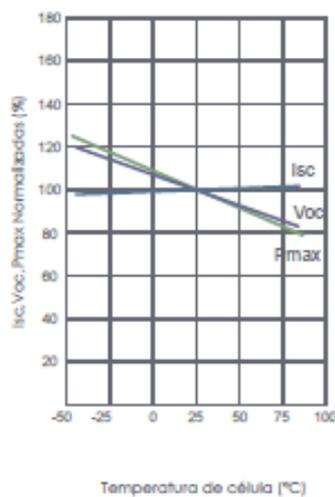


Figura 30. Isc, Voc y Pmax en función de la temperatura en nuestros paneles.

Como se aprecia a simple vista, el aumento de la temperatura supone un decrecimiento de la potencia máxima. Con este factor nos encontramos que sufriremos unas pérdidas de casi el 14% únicamente por esta variable, encontrándonos finalmente con unas pérdidas totales del 27,65%, un valor que supone más de una cuarta parte de pérdida de la potencia.

4.1.2.2 Inversores

Como ya detallamos anteriormente los inversores son una parte crucial de la instalación ya que serán los encargados de transformar la corriente continua en corriente alterna. Hoy en día, al igual que pasa con los demás tipos de componentes, existe una gran variedad de inversores en el mercado, por lo cual nos podríamos decantar entre diferentes opciones. Para ello será importante saber algunas características de la instalación eléctrica, como que por ejemplo ésta contará con energía trifásica. La energía trifásica cuenta con 3 fases y 3 corrientes alternas, y un voltaje de 380 voltios. Se diferencia de la energía monofásica, que es la que normalmente encontramos en las viviendas, en que ésta solamente cuenta con una fase y con una corriente alterna que funcionan a 230V. La trifásica se suele utilizar en comercios e industrias las cuales requieren de un consumo mayor a 14,49 kW, lo cual superamos con creces en nuestro caso de estudio.

En nuestro caso contamos con una potencia instalada de 114,7 kW pico, pero como hemos comentado anteriormente esta no será real, ya que ninguna instalación es perfecta y contará con pérdidas, que en nuestro caso las hemos aproximado en un 27,65%.

En un proyecto técnico de instalación se estudiaría de forma más profunda el apartado eléctrico para la determinación del equipo, pero en nuestro caso estamos tratando de justificar la viabilidad de la instalación, por lo que no estamos entrando en ámbitos muy técnicos. Es por ello que, tras realizar una investigación, encontramos que la marca SMA (una de las principales marcas en el sector), cuenta con una herramienta muy útil que nos ayuda a simular una instalación fotovoltaica. Necesitaremos solamente introducir la información correspondiente a nuestro emplazamiento y a las placas elegidas para que nos sugiera un inversor adecuado.

Nombre	Fabricante/Módulo fotovoltaico/Equipo electrónico de módulos	Número de módulos FV/potencia pico	Orientación/tipo de montaje
Generador FV 1	JinkoSolar Holding Co. Ltd. JKM-565N-72HL4-V Tiger Neo N-Type (11/2021)	203 módulos FV 114,70 kWp	5 ° 20 °

Figura 31. Información de nuestra instalación en la herramienta Sunny Desing.

Una vez introducimos estos parámetros la herramienta nos sugerirá una combinación de inversores y su configuración. En este caso la propuesta con una potencia nominal que no superase los 100 kW es la siguiente:

Tipo	Generador FV 1 203/203	Factor de desfase cos φ	Limitación de la potencia activa de CA
 Parte de la planta 1 1 x STP 50-40/41 (CORE1) Compatible con FV/inversor	A: 2 x 17 B: 1 x 17 C: 1 x 17 D: 2 x 17	1,00	50,00 kW
<i>i</i> Indicaciones y soluciones (1 indicación)			
Potencia pico: 57,63 kWp		Ratio de potencia nominal: 88 %	
		Factor de aprovecham. de energía: 98,2 %	
 Parte de la planta 2 1 x STP 50-40/41 (CORE1) Compatible con FV/inversor	A: 2 x 17 B: 2 x 17 C: 1 x 17 D: 1 x 16	1,00	50,00 kW

Figura 32. Inversores sugeridos por la herramienta Sunny Desing.

Nos encontramos con 2 inversor 50-40 CORE 1 de la marca SMA. Estos son inversores de nueva generación y diseñados para su uso con energía trifásica. Cuentan con una potencia de salida a la red grande, de 50 kW. Estos inversores cuentan con un coeficiente de rendimiento del 98,1%, la cual cosa los convierte en inversores muy eficientes, pero se le podría considerar un problema a este tipo de configuración y es que contaríamos con solamente 2 inversores grande, tanto de dimensiones como en potencia. Esto supone que en caso de sufrir algún tipo de avería podríamos perder la mitad del suministro e incluso si sufriésemos una doble avería simultánea nos quedaríamos sin abastecimiento por parte de la instalación fotovoltaica.

Es por ello por lo que habitualmente los instaladores tratan de sectorizar la instalación instalando varios inversores, para así asegurar el suministro en caso de sufrir alguna avería, ya que el impacto sería menor. Esto siempre será más caro ya que a relación de potencia los inversores grandes son mucho más baratos que los más pequeños, y por ello creemos que la primera opción que nos sugiere la empresa es la de dos inversores grandes, los cuales van a ser mucho más baratos y le aportará competitividad en el mercado a la marca.

Buscando una opción más sectorizada de la instalación nos encontramos con una configuración diferente, que es la siguiente:

Tipo	Generador FV 1 203/203			Factor de desfase cos φ	Limitación de la potencia activa de CA
 Parte de la planta 1 3 x STP 25-50 Compatible con FV/inversor	 A: 2 x 17 B: 1 x 17			1,00	25,00 kW
 Indicaciones y soluciones (1 indicación)					
Potencia pico: 86,45 kWp		Ratio de potencia nominal: 89 %		Factor de aprovecham. de energía: 99,7 %	
 Parte de la planta 2 2 x STP 12-50 Compatible con FV/inversor	 A: 1 x 15 B: 1 x 10			1,00	12,00 kW
 Indicaciones y soluciones (1 indicación)					
Potencia pico: 28,25 kWp		Ratio de potencia nominal: 87 %		Factor de aprovecham. de energía: 99,6 %	

Figura 33. Alternativa de inversores dada por la herramienta Sunny Desing.

Esta se basa en la utilización de 3 inversores STP 25-50 Y 2 inversores STP 12-50, también de la firma SMA. Estos primeros inversores contarían con una potencia individual de salida de 25 kW y una potencia nominal total de 75 kW mientras que los segundos tendrían una salida de 12 kW, logrando una potencia nominal de 24kW, obteniendo un total de 99kW. Contando con esta distribución más sectorizada garantizaríamos que, aunque sufriéramos alguna avería en algún inversor la pérdida de producción sería mucho menor.

Comparando las opciones, nos encontramos que con los 2 inversores de 50kW de potencia la configuración estaría basada en 4 conexiones diferentes en cada aparato. Estas se compondrían en uno de los aparatos por 2 conexiones compuestas por 2 strings con 17 módulos en cada uno de ellos y 2 conexiones compuestas por 1 string con 17 módulos en cada uno. En el otro inversor

dispondríamos de 2 conexiones compuestas por 2 strings con 17 módulos, una conexión con 1 string y 17 módulos, y una última conexión con 1 string y 16 módulos

En la opción compuesta por 3 inversores de 25 kW y 2 de 12 kW nos encontraríamos que los inversores de 25 kW contarían los 3 con 2 conexiones, una con 2 strings y 17 módulos cada uno, y otra con 1 string y 17 módulos. Los inversores de 12 kW contarían ambos con 2 conexiones, una con 1 string y 15 placas y la otra con un string y 10 módulos.

Para aclarar conceptos definiremos el término “string” por un conjunto de paneles fotovoltaicos los cuales estarán conectados entre ellos en serie, por lo que cada uno de los strings nombrados anteriormente constituirá un grupo de módulos del número detallado. Esta agrupación de módulos nos permite su aislamiento en caso de por ejemplo una avería en uno de ellos, con lo que únicamente necesitaríamos desconectar el string en cuestión para su reparación, manteniendo el resto de la producción.

Finalmente, y en lo que a la diferencia de precio se refiere, es importante que nos hagamos una idea de la diferencia de precio entre las dos alternativas. En la venta al público podemos encontrar inversores 50-40 a partir de los 6.280€, lo que supondría un total de 12.560€. Por otro lado, los inversores 25-50 los encontramos a partir de 3.466€ y los inversores 12-50 a partir de 2.687€, lo que multiplicando y sumando nos da un total de 15.772€. Esto supondría una diferencia de inversión inicial en los inversores de 3.212€.

Tras considerarlo y debido a lo expuesto anteriormente, decidimos proponer la combinación de 3 inversores STP25-50 y 2 inversores 12-50, ya que en una instalación de esta magnitud la diferencia de precio es poco significativa y así nos aseguraremos de que la misma está mejor diseñada. Las características técnicas de los inversores se encontrarán en el Anexo 2.

Decidida la combinación a adoptar es importante asegurarse que el dimensionamiento es correcto, ya que de no ser así la instalación podría tener problemas. Siguiendo los parámetros del fabricante averiguamos que este considera un dimensionamiento correcto aquel en el que la potencia nominal se comprende entre el 86% y 135% respecto a la potencia pico de los paneles, considerando la parte baja la más óptima en una instalación.



Figura 34. Dimensionamiento de los 3 inversores STP 25-50.



Figura 35. Dimensionamiento de los 2 inversores STP 12-50.

En nuestro caso podemos observar que los inversores tienen un correcto dimensionamiento, el cual se encuentra en los valores óptimos según el fabricante. Nos aseguramos así que los inversores seleccionados serán capaces de soportar la potencia pico instalada y que el dimensionamiento está optimizado, evitando disponer de potencia nominal adicional, la cual encarecería los costes.

4.1.2.3 Cableado y protecciones

Aunque nuestro campo no abarca el dimensionamiento de el cableado y de sus protecciones y además tampoco contamos con los conocimientos para ello, debemos destacar esta parte de la instalación ya que, aunque se le puede restar importancia, su correcto dimensionado y cálculo es fundamental para la instalación. Si esta parte se realiza mal podemos sufrir problemas importantes como sobrecalentamientos, cortes en la electricidad o incluso el deterioro de algunos dispositivos. Las protecciones en un sistema fotovoltaico serán de gran importancia para:

1. Proteger frente sobretensiones. Se utilizarán diferentes dispositivos como:
 - Diodos de bloqueo: Se dimensionan para soportar 2 veces la corriente de cortocircuito de un módulo y una tensión inversa igual a 2 veces la tensión del circuito abierto del generador.
 - Fusibles: Se dimensionan para actuar entre 1,5 y 2 veces la corriente de cortocircuito de un módulo. La tensión asignada al fusible debe soportar 1,2 veces la tensión del circuito abierto del generador.
 - Magnetotérmicos: Se dimensionan para actuar a 1,5 veces la corriente de cortocircuito de un módulo como máximo. Su tensión de servicio debe ser como mínimo 1,2 veces la tensión del circuito abierto del generador.
2. Proteger frente sobre intensidades. Se deben instalar protectores en la caja de conexiones del generador que estén conectados entre el positivo y negativo y la toma de tierra. Se debe disponer de un interruptor general para desconectar en generador fotovoltaico y de un sistema de desconexión para poder aislar los módulos en paralelo del generador.
3. El correcto aislamiento y la puesta a tierra. Los módulos y materiales de la instalación deberán contar con un aislamiento clase II (doble aislamiento). Además, los marcos metálicos y la estructura deberán estar conectados a la toma de tierra.
4. Proteger el inversor y los circuitos de utilización.

El cableado de una instalación fotovoltaica será igual de importante y deberá seguir una serie de características y requerimientos. Estos serán los siguientes:

- El conducto deberá estar fabricado con cobre estañado, lo cual garantice la buena conductividad.
- Debe tener un doble aislamiento que garantice la resistencia a los factores externos.
- No deben contener halógenos y debe estar compuesto por materiales autoextinguibles, lo cual ayudará a que el fuego no se propague en un posible incendio.
- Deben ser unipolares.

Con todo esto, deberán cumplir las siguientes normas de fabricación y diseño:



Figura 36. Especificaciones de un cable destinado a energía fotovoltaica.

4.1.2.4 Estructura

Existen diferentes formas de instalar los paneles solares en una instalación. Pueden tener una instalación libre en el suelo, en la cual se de la inclinación y azimut deseado. También pueden instalarse en el techo de una construcción e incluso la fachada con una estructura inclinada que aporte el ángulo de inclinación óptimo. Finalmente, también se pueden instalar directamente sobre el techo con una perfilera simple, adoptando la instalación el ángulo de inclinación de la cubierta inclinada.

En nuestro caso nos centraremos en el último caso, que es el que hemos decidido aplicar. Como detallamos anteriormente, si contamos con una inclinación propia en la cubierta muchas veces la instalación directa puede resultar más interesante que la incorporación de una estructura inclinada la cual mejore el ángulo.

- En primer lugar, el aprovechamiento de la superficie de la cubierta será total, ya que la instalación solar se adherirá a la cubierta inclinada, quedando completamente fusionadas.
- Estéticamente la instalación se adaptará a la forma de la cubierta, quedando mucho más integrada.
- La perfilera necesaria será mucho menor ya que se simplificará a guías sobre las cuales fijar las placas, no será necesario desarrollar una estructura elevada.
- Se reducirá la carga de la cubierta, ya que al no contar con una inclinación no se requerirán tirantes y vientos en la estructura. Esto se debe a que en una estructura inclinada las placas tendrán una resistencia al viento importante, por lo que será necesaria una estructura resistente y unos tirantes y vientos que la fijen.

Todo esto, además de en simplificaciones técnicas, se traducirá en una reducción económica importante al requerir menos materiales y menos horas de mano de obra.

La estructura más común se compone de unas guías metálicas las cuales van ancladas al techo, y sobre estas irán ancladas las placas.

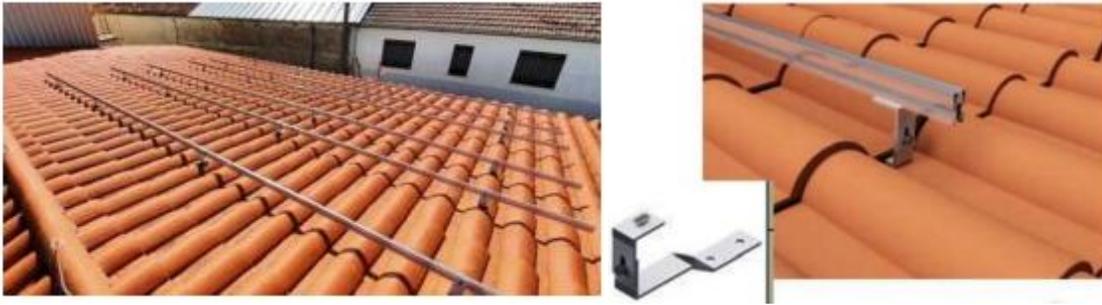


Figura 37. Ejemplo de estructura simple pegada a techo.

Aunque también existen otras técnicas específicas. En nuestro caso nos puede ser de interés la fijación por Metasole. Esta técnica está indicada para cubiertas de chapa y es incluso más minimalista que la utilización de guías.

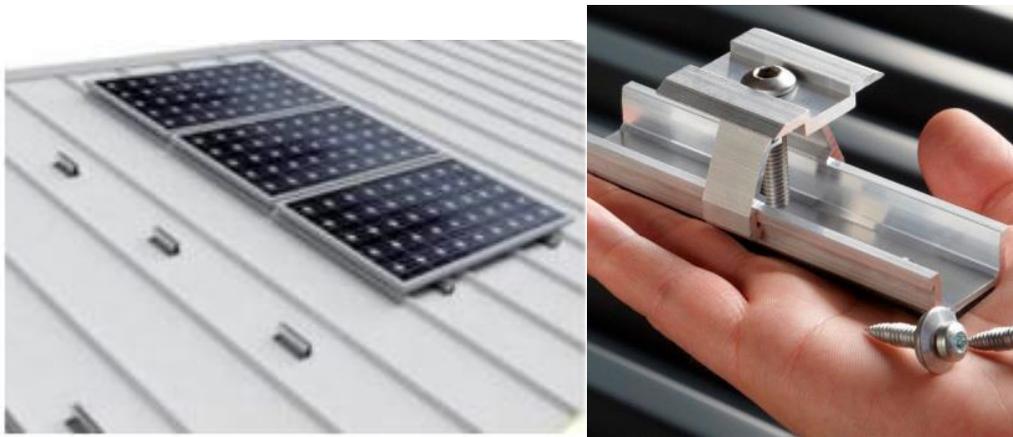


Figura 38. Ejemplo de estructura utilizando la técnica Metasole.

En esta técnica solamente se utilizan pequeños trozos de perfilería, los cuales se colocan en la cubierta de chapa de forma que coincidan con la ubicación que tendrán los puntos de anclaje de las placas. Esto nos lleva a una instalación aún más simple.

5. PRESUPUESTO

Tal y como ocurre en cualquier proyecto, será necesario obtener un presupuesto detallado antes de ejecutarlo. Este será muy amplio, y detallará los costes y gastos de cada parte de la instalación, así como los diferentes profesionales que se verán implicados en su diseño y ejecución. En nuestro caso, siendo extrapolable a otra instalación fotovoltaica, los elementos a tener en cuenta serían los siguientes:

Posición	Unidades	Elementos a considerar en la instalación Fotovoltaica
1	203	Módulos fotovoltaicos JKM565N-72HL4-(V)-F1-SP con transporte.
2	5	3 inversores SMA STP25-50 y 2 inversores SMA STP12-50.
3	1	Estructura sobre cubierta montada, incluyendo material, la mano de obra, y el transporte.
4	1	Estructura de soporte para los inversores.
5	1	Cableado de BT (CC y AC) hasta el cuadro general y cableado de comunicación.
6	1	Pequeño material como manguitos, multi-contact, racor, ...
7	1	Mano de obra.
8	1	Alquiler de maquinaria y gestión de residuos.
9	1	Ingeniería, dirección facultativa, visados y tramitaciones de licencias.

Figura 39. Tabla de presupuestos simplificada para nuestro proyecto fotovoltaico.

Aunque hay algunos elementos que podemos saber aproximadamente los precios de venta (Paneles, inversores, ...) hay muchos otros que resulta complicado saberlos de forma concreta (estructura, cableado). Ya que realizar un presupuesto detallado requeriría de muchas comparaciones e investigación, posiblemente encontrándonos con bastantes problemas a la hora de obtener precios ya que no estamos ejecutando este proyecto y ciertos precios requieren dedicación y trabajo por parte de las empresas dedicadas a cada campo, optaremos por realizar una simulación.

Esta simulación nos dará un precio aproximado en base al precio de mercado que cuesta instalar un kWp de energía fotovoltaica. Facilitando algunos datos como la estructura elegida o la potencia instalada obtendremos el presupuesto general de la instalación. Para este fin utilizaremos la aplicación Sunny Desing.

	Costes específicos	Cantidad	Total
Planta FV	<input type="text" value="1300,00"/> EUR/kWp	× 114,70 kWp	149.103,50 EUR
Otros costes	<input type="text"/> EUR		---
Inversión total			149.103,50 EUR
Costes fijos			
Costes fijos anuales (en % de los costes de inversión)	<input type="text" value="1,50"/> %		2.236,55 EUR

Figura 40. Costes de la instalación según la aplicación Sunny Desing.

Como observamos en la imagen 40, el cálculo aproximado de los costes es tan fácil como tomar el dato referencia de 1.300€/kWp y multiplicarlo por los 114,7 kWp que tendrá nuestra instalación. Esto nos da un total de 149.104€. Aunque este sea un precio aproximado nos será más que suficiente para hacernos una idea de los costes que rondarán nuestra instalación, con lo que también podremos determinar aproximadamente su viabilidad y rentabilidad.

Además de los costes de instalación, la aplicación también nos detalla otra cantidad nombrada como costes fijos. Las instalaciones requerirán de mantenimiento bien sea por el deterioro de cualquier elemento de la instalación que implique reparaciones o cambios, o también simplemente debido a la necesidad de limpiar periódicamente los paneles ya que la acumulación de suciedad sobre ellos reduce su eficiencia. Estos costes fijos también se calculan de una forma aproximada tomando un valor predeterminado de referencia, el cual será el equivalente al 1,5% de los costes de inversión. En nuestro caso se estima que anualmente se destinará una cantidad aproximada de 2.237€ al mantenimiento de la instalación.

6. RENTABILIDAD

Cuando se decide realizar una instalación de este tipo pueden existir varios factores que se contemplen para decidirse por su ejecución. Bien podemos contemplar la necesidad de modernizar un negocio, de tratar de obtener una parte de la energía requerida a partir de una fuente limpia, o bien tratar de dar una imagen más respetuosa hacia el medio ambiente de cara al público.

Lo que es innegable es que finalmente una de las cosas más determinantes en el momento de decidirse por una instalación fotovoltaica es la rentabilidad de esta. Si realizamos una modificación la cual nos va a suponer un balance negativo en la economía del negocio, difícilmente decidiremos ejecutarlo, y igualmente se podría extrapolar a un ámbito doméstico. Por esto, cualquier instalación fotovoltaica contará con un estudio de rentabilidad el cual detalle el tiempo aproximado que necesitaremos para amortizar la inversión realizada en la instalación, y a partir de qué momento pasaremos a tener un ahorro económico en la factura de la electricidad a relación de las que se obtenían antes de la instalación fotovoltaica.

Para determinar la rentabilidad partiremos de la base de conocer cual es el consumo que tiene actualmente la instalación. Sabemos pues, que durante el año 2022 los consumos mensuales fueron los siguientes:

CONSUMO ENERGÉTICO EN EL AÑO 2022	
MES	Kw/h
ENERO	843.905
FEBRERO	769.587
MARZO	782.339
ABRIL	838.361
MAYO	766.137
JUNIO	784.755
JULIO	1.112.712
AGOSTO	1.097.174
SEPTIEMBRE	1.094.801
OCTUBRE	907.480
NOVIEMBRE	918.863
DICIEMBRE	685.655
TOTAL	10.601.769

Figura 41. Consumo mensual durante el año 2022 en ClearPET.

Como podemos observar encontramos un consumo muy elevado durante todo el año, encontrando el mínimo durante el mes de diciembre con 685.655 kW/h y el máximo durante el mes de julio con 1.112.712 kW/h, aunque durante los meses de verano se supera el millón de kW/h. Esto podría ser debido a la elevada temperatura ambiental de la zona en verano, la cual puede afectar de forma considerable a la eficiencia de las cintas de producción. Con ello, nos encontramos con un consumo medio mensual de 883.481 kW/h.

Será importante saber cuáles son las horas con más consumo en la industria, para así saber si cuadrará con nuestras horas de producción fotovoltaica. Pues bien, en ClearPET se trabajan las 24h del día, prácticamente todos los días del año (en el año actual ha cambiado la política y se están realizando algunos días festivos extra, pero hasta el pasado año la producción solo se detenía en fechas muy señaladas como nochebuena o año nuevo). Sabiendo esto podemos afirmar que no habrá problema en que las horas de producción fotovoltaica y de consumo de la planta se sincronicen, por lo que la potencia producida siempre será aprovechada exceptuando parones excepcionales en la maquinaria.

A continuación, compararemos la energía consumida en la industria con la energía producida en la instalación fotovoltaica.

CONSUMO ENERGÉTICO (Kw/h)		PRODUCCIÓN SOLAR (kW/h)	PRODUCIDO-CONSUMIDO (%)
ENERO	843.905	10.346	1,23
FEBRERO	769.587	10.800	1,40
MARZO	782.339	13.945	1,78
ABRIL	838.361	14.966	1,79
MAYO	766.137	17.115	2,23
JUNIO	784.755	17.472	2,23
JULIO	1.112.712	18.206	1,64
AGOSTO	1.097.174	16.865	1,54
SEPTIEMBRE	1.094.801	14.126	1,29
OCTUBRE	907.480	12.257	1,35
NOVIEMBRE	918863	9.825	1,07
DICIEMBRE	685.655	9.560	1,39
TOTAL	10.601.769	165.483	1,56

Figura 42. Energía consumida frente a energía producida.

Como se observa en la tabla comparativa, aunque estamos produciendo anualmente la buena cantidad de 165.483 kW/h, nos encontramos con que solamente estamos supliendo el 1,56% de la demanda total, ya que el consumo es extremadamente elevado.

Visto esto tal vez el planteamiento deba ser diferente, ya que la energía producida respecto a la consumida supone una parte muy baja. En este caso la instalación no tendrá una finalidad directa de reducir la demanda eléctrica del proceso industrial a la red, sino más bien se deberá plantear como una inversión. Ya que actualmente es un buen momento para instalar energía fotovoltaica podemos enfocar este proyecto desde una perspectiva en la cual tratemos de aportar a la empresa una pequeña fuente de ingresos diferente una vez la instalación esté amortizada, la cual ayude a diversificar las ganancias económicas.

Tras estas observaciones, pasaremos a tratar de valorar la rentabilidad económica. Como hemos hecho anteriormente, con la finalidad de realizar esta valoración de una forma sencilla pero fiable, utilizaremos nuevamente la aplicación Sunny Desing. Esta aplicación también cuenta con una herramienta de rentabilidad.

Para realizar esta simulación debemos saber que en España existen unas tarifas especiales para empresas dependiendo de la demanda. En nuestro caso, y al encontrarnos con una toma a red de media tensión, necesitaremos una tarifa que cumpla nuestros requisitos. La tarifa será la actualmente denominada "6.1DT". Esta tarifa está separada en 6 periodos de facturación diferente, pero ya que nos encontramos con un consumo continuado durante las 24h obtendremos el precio del kWh realizando una media de los 6 periodos diferentes.

Ya que no tenemos en conocimiento la empresa suministradora de la empresa hemos decidido tomar como referencia los datos aportados por la Energigreen, empresa dedicada al asesoramiento energético. Esta empresa contempla los siguientes precios según periodo:

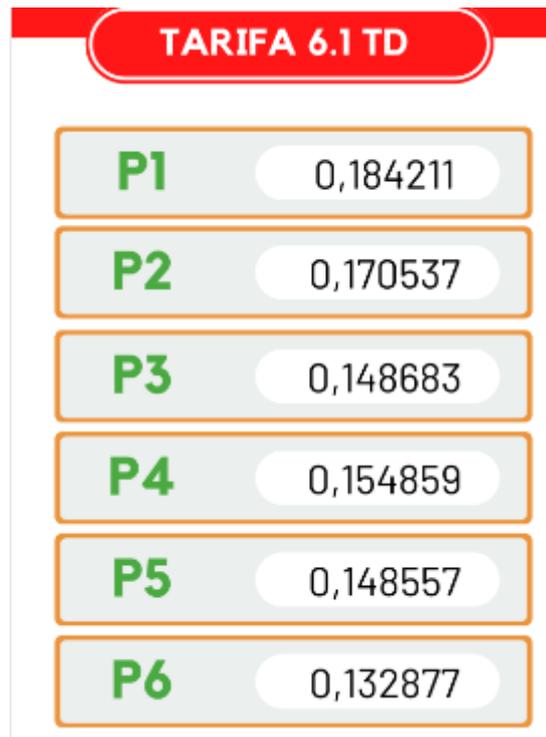


Figura 43. Precios de los periodos en la tarifa 6.2DT según Energigreen.

Así pues, consideraremos como precio del kWh la media de las 6 tarifas, con lo que obtendremos un importe de 0,1566€/kWh.

Teniendo en cuenta el precio del kWh y considerando la inflación, la cual proyecta que el precio de la electricidad irá subiendo una media de un 3% anual, haremos una estimación del tiempo de amortización de la inversión, así como los beneficios generados a partir de este momento.

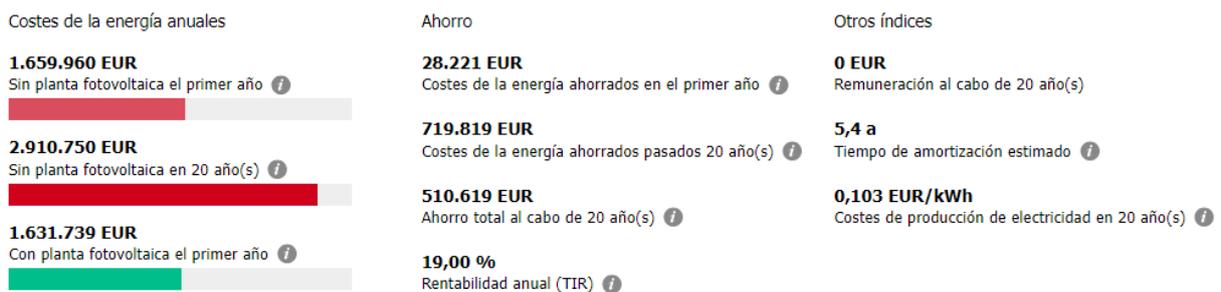


Figura 44. Resultados del análisis de rentabilidad realizado con Sunny Desing.

Tras realizar la simulación de rentabilidad podemos observar varios datos. El más importante será el tiempo de amortización estimado, el cual se sitúa en 5,4 años. Esto supone una rentabilidad de un 19%

También se considera que el primer año la instalación eléctrica supondrá un ahorro de 28.220€, lo cual rebajará la factura eléctrica de 1.659.960€ a 1.631.740€. Como comentamos anteriormente, la

energía ahorrada respecto al total es muy baja, pero aún así la instalación fotovoltaica supone una inversión que nos aportará un pequeño beneficio económico en un corto plazo.

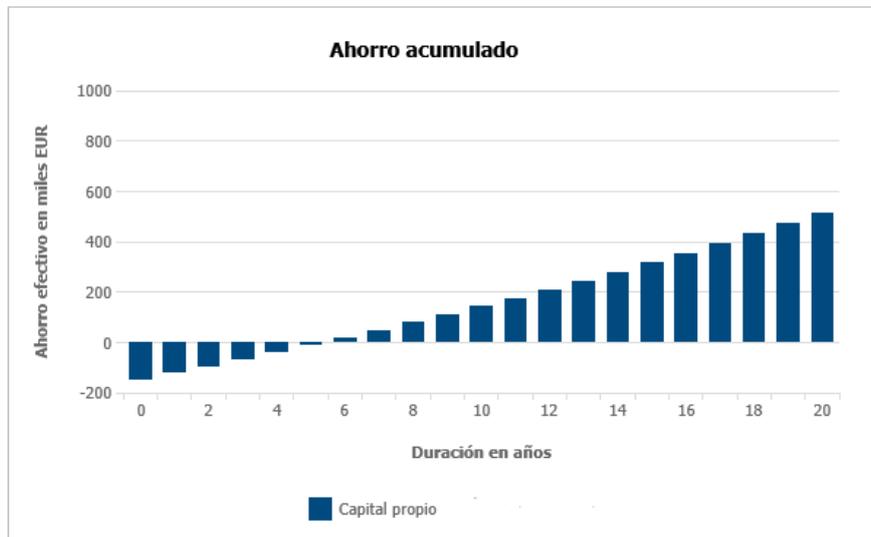


Figura 45. Ahorro económico acumulado debido a la instalación de un sistema fotovoltaico.

Finalmente, observando el ahorro acumulado podemos observar que, tras 20 años de funcionamiento, se habrá acumulado un ahorro de más de 500.000€, por lo cual podemos considerar la inversión como segura y beneficiosa para la economía de la empresa. Podemos estar prácticamente seguros de que esta empresa seguirá en funcionamiento con el paso de los años, ya que el mercado que explota es cada vez más grande y su continuidad está asegurada.

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Este proyecto se presentó motivado por la necesidad de un cambio en el modelo energético actual, el cual necesita fuentes diferentes las cuales sean más respetuosas con el medio ambiente y con la sociedad.

Tras encontrarnos con la oportunidad, se decidió analizar la posibilidad de instalar un sistema fotovoltaico en una empresa modelo la cual tenía unas condiciones iniciales positivas para realizar dicho proyecto de forma sencilla y con alta posibilidad de éxito. En nuestro caso, esta empresa fue ClearPET, la cual trabaja en el sector de la gestión de residuos y se encuentra en el término de Alzira, como se detalló anteriormente

Aunque nuestra ambición principal era tratar de aportar una fuente alternativa de energía a la industria, nos encontramos con la realidad de que esta empresa tiene un uso de electricidad muy elevado, superando los 10,6 GW/h de potencia consumida en un año, por lo que la instalación planteada solo supondrá un aporte estimado del 1,54% de la energía demandada, lo cual es un valor muy poco significativo. Es por ello que consideramos que el planteamiento más acertado sería el de realizar una inversión la cual aportaría un beneficio económico de aproximadamente 30.000€

anuales a la empresa pasado el periodo de amortización, de poco más de 5 años. Aunque no sea una gran cantidad es una forma de diversificar las ganancias económicas y de invertir el capital de la empresa en opciones bastante seguras.

Cabe recordar que para plantear esta instalación tuvimos en cuenta la limitación técnica que podría suponer el hecho de instalar más de 100kW en inversores, ya que hasta esta potencia no tendremos ningún problema aparente para realizar la instalación, pero superada esta será necesario que la compañía eléctrica nos de su autorización y las negociaciones podrían ser más costosas y problemáticas. Aún así, podríamos plantear la posibilidad de ampliar la instalación en un futuro. Como vimos inicialmente existe la posibilidad de instalar hasta 230,5kWp en placas solares con la superficie disponible, lo que supone el doble de la potencia planteada en un inicio (114,7 kWp). Esto nos llevaría a obtener el doble de producción y, por tanto, el doble de ahorro económico. Si en un futuro se quisiera estudiar la posibilidad de ampliación, sería completamente factible y dispondríamos de espacio para ello.

En definitiva, la energía fotovoltaica es una realidad y hoy en día es un tipo de energía muy a tener en cuenta. La gran diferencia está en el hecho de que este tipo de energía se puede instalar a pequeña escala, bien a nivel residencial o bien aprovechando espacios inutilizados de negocios e industrias. Aunque en nuestro caso la energía obtenida respecto a la consumida suponga un porcentaje muy bajo debido a la actividad industrial, nos encontramos con que en otros escenarios bien residenciales o industriales la energía producida podría ser más significativa y que, si extrapolamos nuestro proyecto a la mayoría de cubiertas verticales que actualmente están desaprovechadas, podríamos llegar a hablar de producciones energéticas muy significativas para el sistema eléctrico español. Es por ello que este tipo de estudios de viabilidad tiene que servir como referencia para darnos cuenta que otro modelo energético es posible, y que puede ser más fácil de lo que inicialmente podríamos pensar.

8. BIBLIOGRAFÍA

- D. Francisco Espín Sánchez:. (2022). *Energías Alternativas al suministro eléctrico por red de distribución convencional (Autoconsumo)* [Curso Online].
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2021). *INCENTIVOS AUTOCONSUMO Y ALMACENAMIENTO, CON FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES (RD 477/2021)*.
<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-energias-renovables-en-autoconsumo-almacenamiento-y-termicas-sector/incentivos-autoconsumo-y-almacenamiento-con-fuentes-de-energias-renovables-rd-4772021>.
- *Ayudas al autoconsumo con fuentes de energía renovable, en la administración de la Generalitat Valenciana - GVA.ES - Generalitat Valenciana*. (s. f.). GVA.ES.
https://www.gva.es/es/inicio/procedimientos?id_proc=22130.
- *Next Generation EU: Ministerio de Hacienda y Función Pública*. (s. f.).
<https://www.hacienda.gob.es/es-ES/CDI/Paginas/FondosEuropeos/Fondos-relacionados-COVID/Next-Generation.aspx>

- *Sede electrónica del Catastro - Búsqueda de inmuebles.* (s. f.).
<https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCBusqueda.aspx?from=NuevoVisor&pest=>
- Google. (2023). *Localización y visualización satélite de ClearPET.*
<https://www.google.com/maps/place/Clear+Pet+S.L>
- *REData - generación.* (s. f.). Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/datos/generacion>
- Peña, L., & Peña, L. (2023b, julio 26). Los 20 principales proveedores de módulos fotovoltaicos del primer semestre del 2023 - IUmIN | Cursos de energía solar. *ilumin | Cursos de Energía Solar - Cursos Fotovoltaicos Online.* <https://ilumin.online/los-20-principales-proveedores-de-modulos-fotovoltaicos-del-primer-semester-del-2023/>
- Peña, L., & Peña, L. (2023, 21 abril). Sistema fotovoltaico conectado a la red | On grid | interactivo - Ilumin | Cursos de energía solar. *ilumin | Cursos de Energía Solar - Cursos Fotovoltaicos Online.* <https://ilumin.online/sistema-fotovoltaico-conectado-a-la-red-on-grid-interactivo/>
- DIY Baterías LiFePO4. (2021, 7 junio). *¿Qué es LIFEP04? - DIY baterías LIFEP04 .*  DIY Baterías LiFePO4 . <https://www.bateriaslifepo4.com/que-es-el-lifepo4/>
- *Orígenes de la energía solar fotovoltaica.* (s. f.). FACE Córdoba.
<http://facecordoba.coop/historias/128-fotovoltaica>
- CLEARPET. (2019, 19 noviembre). *Planta de reciclaje especializada en envases plásticos PET | ClearPet.* ClearPet. <https://www.clearpet.es/>
- Suñé, S. (s. f.). *Inicio.* Censolar. <https://www.censolar.org/>
- *SunnyDesignWeb.* (s. f.). <https://www.sunnydesignweb.com/>
- Solarama. (2022, 24 mayo). *¿Qué cables para paneles solares utilizar en tu instalación fotovoltaica?* <https://solarama.mx/blog/cablesparapanelessolares/#:~:text=Sean%20unipolares%3A%20Los%20cables%20utilizados,se%20usan%20para%20corriente%20alterna.>
- - Sociedad andaluza de ingenieros consultores S.L. *PROYECTO BÁSICO DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN AMBIENTAL INTEGRADA PARCELA M-15-3, SECTOR PPI-11 "EL PLA". ALZIRA (VALENCIA).* https://agroambient.gva.es/auto/seguimiento-expedientes/Valencia/ALZIRA/69-18-AIA/1463_79_3_PROY_BASIC0_AAI.pdf
- *Energigreen. Landing oferta electricidad.*
<https://ofertaelectricidad.energigreen.com/ofertaelectricidad>