

Apadrinaunolivo.org



ASOCIACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL DEL
BAJO MARTIN
ANDORRA SIERRA DE ARCOS

SEPTIEMBRE
2020

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO

37,80 kWp

EN OLIETE

ION ROMERO HERNÁNDEZ
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ESP. MECÁNICA IND.
Nº Colegiado COGITAR: 9542 - IRHARAGON@COITIAR.ES



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Contenido

1.- OBJETO	4
2. ANÁLISIS GENERAL DE LA FACTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	5
2.0. PARTES QUE COMPONEN LA FACTURA.....	5
2.1. TÉRMINO DE POTENCIA	5
2.2. TÉRMINO DE ENERGÍA	6
2.3. ENERGÍA REACTIVA	7
2.4. EQUIPOS DE MEDIDA Y OTROS SERVICIOS.....	8
2.5. COSTE DE LA FACTURA DE LA ELECTRICIDAD.....	9
2.6. CONSIDERACIONES DE MERCADO	9
3.- ANTECEDENTES	10
4.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	12
4.2. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA	13
4.2.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	15
4.2.2. INVERSORES SINUSOIDALES TRIFÁSICOS	16
4.3. RESULTADOS ECONÓMICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA.....	17
5.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN	18
5.1. AHORRO	18
5.2. ANÁLISIS	19
5.2.1. CUADRO DE AMORTIZACIÓN	19
5.2.2. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)	20
5.2.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	21
5.2.4. ANÁLISIS PAY-BACK	21
5.2.5. ANÁLISIS LCOE (Levelized Costs Of Energy)	21
6. CONCLUSIONES	23

1.- OBJETO

El objeto de este informe es, por un lado, presentar el conjunto campo fotovoltaico – inversor/es elegido y por otro lado, estimar el ahorro económico que se va a producir en el suministro de la nave mediante la instalación de un parque fotovoltaico optimizado.

El sector fotovoltaico ofrece unas condiciones actuales muy positivas y desde hace relativamente poco tiempo. Por una parte, el nuevo Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, que ha sacado al país de la situación de bloqueo con respecto a la energía fotovoltaica que hacía hasta esa fecha, más difícil su viabilidad, además de aportar a la población una mala concepción de su rentabilidad.

Hoy en día ya ha cambiado esta situación, dado que el vigente Real Decreto permite diferentes opciones con el último fin del ahorro energético del usuario (como puede ser el autoconsumo compartido y el balance cero) y esto ha producido un cambio de concienciación en las personas de forma muy positiva y optimista.

Por otra parte está la gran bajada de los precios de equipos relacionados con las instalaciones como inversores, módulos fotovoltaicos, elementos de control y un gran número de instaladores ya experimentados, que hacen posible llevar a cabo una gran instalación de una manera rápida, sencilla y mucho más económica comparado con hace 3-4 años.



Ilustración 1. Ejemplo de instalación fotovoltaica de autoconsumo sobre tejado

2. ANÁLISIS GENERAL DE LA FACTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.0. PARTES QUE COMPONEN LA FACTURA

- **Término de Potencia**
- **Término de Energía**
- **Penalizaciones**
(Exceso de energía reactiva, exceso de potencia, pérdidas generadas en el transformador cuando éste es en propiedad...).
- **Servicios**
(Alquiler de equipos, ajustes, asesoramiento, seguros, servicios de mantenimiento, urgencias, etc...).
- **Impuestos**

Las partes dependen del tipo de tarifa contratada y la tarifa viene determinada por la tensión de suministro, la potencia contratada y la discriminación horaria.

2.1. TÉRMINO DE POTENCIA

¿Por qué se paga?

En el término de potencia **pagamos por la disponibilidad** de la potencia (kW), es decir, por poder demandar una cantidad de energía (kWh) en un momento dado. La forma de facturar la potencia viene determinada en la factura con la potencia contratada.

- Con menos de 10 kW (**Tarifas 2.0**) y entre 10 kW y 15 kW (**Tarifas 2.1**) contratados, lo habitual es tener **ICP* integrado** en los contadores electrónicos (antiguamente se encontraba en el cuadro principal y poseía un precinto), **puediendo estar activado o no**. De esta forma se controla la potencia demandada para que coincida con la contratada, interrumpiendo el suministro en caso de que la demandada supere a la contratada.

Intensidad [A]	Potencias eléctricas normalizadas [kW]			
	Monofásicos		Trifásicos	
	220 V	230 V	3*220/380 V	3*230/400 V
1,5	0,330	0,345	0,987	1,039
3	0,660	0,690	1,975	2,078
3,5	0,770	0,805	2,304	2,425
5	1,100	1,150	3,291	3,464
7,5	1,650	1,725	4,936	5,196
10	2,200	2,300	6,582	6,928
15	3,300	3,450	9,873	10,392
20	4,400	4,600	13,164	13,856
25	5,500	5,750	16,454	17,321
30	6,600	6,900	19,745	20,785
35	7,700	8,050	23,036	24,249
40	8,800	9,200	26,327	27,713
45	9,900	10,350	29,618	31,177
50	11,000	11,500	32,909	34,641
63	13,860	14,490	41,465	43,648

Ilustración 2. Tabla Potencias Normalizadas BOE

- En la **Tarifa 3.0**, con más de 15 kW y menos de 450 kW, lo habitual es no tener **ICP*** y sí **maxímetro***. En este caso, el máxímetro registra una media de la potencia demandada en intervalos de 15 minutos, y se toma el valor máximo para la facturación de **TODO EL MES**, es decir, **solamente 15 minutos** de la mayor potencia media demanda **marcarán el valor de facturación de todo el mes**.

En estos casos se pueden tomar una serie de **medidas** para reducir el pico de demanda en los mismos 15 minutos y repartirlos, si es posible, en el tiempo. Consejos como no encender todo a la vez o apagar las máquinas de climatización en momentos de altos consumos entre otros, pueden hacer que el valor se ajuste. Para grandes instalaciones de considerables potencias se aconseja el control automático de encendido y apagado de máquinas donde se consiguen importantes ahorros.

Dependiendo de este valor ($P_{\text{MÁXIMETRO}}$) se facturará:

Si se **demanda** (valor máxímetro) **menos del 85% de lo contratado**, se factura el 85% de la potencia contratada. Es decir, se produce un pequeño descuento, que no siempre se realiza (RECLAMAR).

$$- P_{\text{MÁXIMETRO}} < 85\% P_{\text{CONTRATADA}} = \text{Factura del } 85\% P_{\text{CONTRATADA}}$$

Si se **demanda** (máxímetro) **entre el 85% y el 105%** de lo contratado, se factura el valor del máxímetro.

$$- 85\% P_{\text{CONTRATADA}} < P_{\text{MÁXIMETRO}} < 105\% P_{\text{CONTRATADA}} = \text{Factura } P_{\text{MÁXIMETRO}}$$

Si se **demanda** (máxímetro) **más del 105%** de lo contratado, se factura el valor del máxímetro más penalización (el doble de la diferencia entre la potencia registrada y el 105% de la potencia contratada)

$$- P_{\text{MÁXIMETRO}} > 105\% P_{\text{CONTRATADA}} = P_{\text{MÁXIMETRO}} + 2 * (P_{\text{MÁXIMETRO}} - 105\% P_{\text{CONTRATADA}})$$

ICP (Interruptor de Control de Potencia): Es un limitador que interrumpe el suministro cuando la potencia demandada es superior a la contratada.

Máxímetro: Es un instrumento que registra la potencia media demandada en tramos de 15 minutos.

En las tarifas 2.0 y 2.1 (tanto en la modalidad A como en la DHA), la facturación por la potencia contratada es fijo y el mínimo está regulado por el estado. El máximo dependerá del tipo de tarifa y comercializadora con la que contratemos.

En la tarifa 3.0, la facturación por potencia es diferente en cada periodo, siendo mayor en punta que en llano, así como en llano que en valle. En este caso el mínimo está regulado por el estado también. El máximo dependerá del tipo de tarifa y comercializadora con la que contratemos.

Si tenemos un exceso de consumo pero no en los otros periodos, la penalización debería ser solamente en ese periodo. Sin embargo, se han observado comercializadoras que agrupan los tres periodos horarios, considerando el máximo de los tres y aplicando la penalización a los tres periodos. También se han observado comercializadoras que facturan como mínimo el 100%, pero cuando hay penalizaciones por exceso de potencia sí que las aplican.

Se debe revisar bien a la hora de firmar las condiciones del contrato, o pedir asesoramiento [sin interés comercial](#), porque estas penalizaciones pueden ocasionar un coste económico importante.

2.2. TÉRMINO DE ENERGÍA

El término de energía es el que pagamos por la energía activa consumida (kWh). Los equipos conectados a la red y en funcionamiento a lo largo del tiempo, producen el incremento de este término. A mayor potencia (kW) de los equipos y mayor tiempo de utilización (horas), mayor incremento de esta porción de la factura.

Discriminación horaria:

En suministros con menos de 15 kW (Tarifas 2.0 y 2.1) podemos tener discriminación horaria (denominada DHA), donde tenemos dos periodos, punta y valle. Estos horarios varían a lo largo del año.

Utilizando las horas valle es la que el precio de la electricidad es aproximadamente la tercera parte que en el horario punta, podemos reducir el coste de la factura eléctrica consumiendo la misma energía. Sin embargo, hay casos en los que el uso de



Ilustración 3. Discriminación horaria

los equipos no se puede desplazar a otras horas. Se debe estudiar cada uno de los consumos para comprobar su viabilidad y si es económicamente rentable.

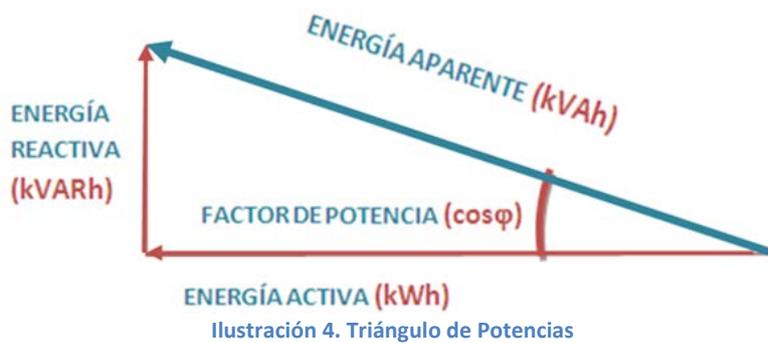
En suministros de más de 15 kW (Tarifa 3.0A) tenemos tres periodos. Estos horarios varían a lo largo del año, aunque el periodo valle (P3, el más barato) se mantiene todo el año entre las 0 y las 8 horas.

Con la utilización de las horas valle, en las que el precio de la electricidad es aproximadamente la mitad que en el periodo punta, podemos reducir el coste de la factura eléctrica consumiendo la misma energía. Sin embargo, hay casos en los que el uso no se puede desplazar a otras horas. Se estudia cada uno de los consumos para ver si es viable y rentable.

2.3. ENERGÍA REACTIVA

¿Qué es?

La energía reactiva es una energía originada por un **desequilibrio entre elementos capacitivos e inductivos**. Por lo general la energía reactiva suele ser inductiva (presencia de motores, luminarias fluorescentes, transformadores...). Se trata de una energía que se intercambia entre nuestra instalación y las centrales donde se genera energía, y no genera un trabajo útil, pero es imprescindible para que los equipos puedan funcionar.



¿Por qué me cuesta dinero?

Porque a la empresa distribuidora le cuesta dinero proporcionártela. Como se ha indicado antes, es una energía que se intercambia, por lo que aunque no se consuma, conlleva un sobredimensionamiento de redes de transporte, generadores y equipos sin poder facturarse como energía activa (trabajo útil).

¿Y para que no me cueste dinero?

La cantidad de energía reactiva que podemos intercambiar sin tener que pagar penalizaciones viene determinada por el factor de potencia.

- En suministros de **menos de 15 kW**, tenemos penalizaciones cuando la energía reactiva **supera el 50%** de la activa.
- En suministros de **más de 15 kW**, tenemos penalizaciones cuando:

Si el intercambio de energía reactiva es inferior al 33% de la energía activa consumida, no habrá penalización. Este 33% nunca se paga, se paga cada kVARh de más de este 33%.

Si el intercambio de energía reactiva es **superior al 33%** de la energía activa consumida, pagaremos 4,1554 ct por kVARh de más.

Si el intercambio de energía reactiva es **superior al 75%** de la energía activa consumida, pagaremos 6,2332 ct por kVArh de más.

Estos se aplicarán en los periodos P1 (Punta) y P2 (Llano). El P3 (Valle) queda exento de penalizaciones por energía reactiva.

Solución:

Si la penalización es lo suficientemente costosa (a partir de 20€ mensuales aproximadamente) resulta imprescindible instalar una batería de condensadores en la entrada de nuestra instalación para hacer frente a esta energía reactiva. De esta forma, el intercambio de energía se realizará entre nuestra instalación y la batería de condensadores, sin penalización de ningún tipo.



Ilustración 5. Ejemplos de baterías de condensadores

2.4. EQUIPOS DE MEDIDA Y OTROS SERVICIOS

La factura puede incluir el coste de otros elementos como es el alquiler del equipo de medida, si no están en propiedad del usuario. En algunos casos (en tarifas 2.0 y 2.1, y en 3.0 dependiendo de lo que nos cobren por él pues su precio no está regulado) la compra del equipo de medición por parte del cliente no compensa, ya que la amortización es larga en el tiempo. Sin embargo en algunos casos (potencias contratadas de más de 50 kW) puede resultar interesante.



Ilustración 6. Equipos de medida

Además, podemos tener contratados otros servicios añadidos como el seguro de pagos, reparaciones urgentes, servicios de mantenimiento, revisiones, etc. Es habitual que en el mercado libre las comercializadoras ofrezcan descuentos en la factura a cambio de contratar estos servicios añadidos. A la hora de negociar el precio de la electricidad, tenemos que tener en cuenta si deseamos tener estos servicios contratados a esos precios. Si hay alguna duda, pedir asesoramiento **sin interés comercial**.

2.5. COSTE DE LA FACTURA DE LA ELECTRICIDAD

Además de los elementos anteriores, la factura eléctrica incluye el impuesto especial de electricidad (IEE) **5,11269632%**, que se aplica **sobre el término de potencia y energía**. Art. 99 Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales.

El **21% de IVA**, que se aplica **sobre** la suma de **todos** los elementos que componen la factura. Siendo $IVA = \text{Total factura} \times 21\%$.

Según reduzcamos los términos de potencia y energía reduciremos los impuestos derivados de ellos.

Precio de la Energía Reactiva

Viene regulado en el Boletín Oficial del Estado, Anexo I, apdo. 3 de la orden ITC /3519/2009, de 28 de diciembre.

Una facturación diferente a estos valores se debe reclamar.

3. Término de facturación de energía reactiva (Artículo 9.3 del Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre):	
Cos Φ	Euro/kVArh
Cos $\Phi < 0,95$ y hasta cos $\Phi = 0,80$	0,041554
Cos $\Phi < 0,80$	0,062332

Ilustración 7. Precio de la Energía Reactiva

Facturación del Término de Energía

Facturación del Término de Energía = Consumo del periodo (kWh) x Precio del Término de energía (€/kWh)

Reducir este consumo es la principal opción para ahorrar en la factura eléctrica.

2.6. CONSIDERACIONES DE MERCADO

En general, para menos de 10 kW de potencia contratada, se debe contratar la tarifa PVPC (Precio Voluntario Pequeño Consumidor) en la que se pagará la energía al precio de compra real de mercado. Si bien es cierto que éste puede variar, en las tarifas de mercado libre estamos pagando un sobrecoste (que garantice a la comercializadora que aunque suba el precio de la energía el cliente siga siendo rentable). Si se analiza el precio medio de una tarifa PVPC respecto al precio fijo de una tarifa de mercado libre, el de la tarifa PVPC suele ser un 10% inferior, así que ese es el ahorro que podemos esperar contratando la tarifa PVPC.

Para los contratos con potencias **superiores a 10 kW**, no es posible acogerse a la tarifa PVPC, por lo que no queda otra alternativa que comparar ofertas de las diferentes comercializadoras en el mercado libre. Si hay alguna duda, pedir asesoramiento **sin interés comercial**.

3.- ANTECEDENTES

Como se observa en la siguiente ilustración, los periodos en los que es más cara adquirir la energía, coincide con los periodos de máxima producción de la instalación fotovoltaica. Esta casuística, ayuda a recortar los periodos de amortización en gran medida.

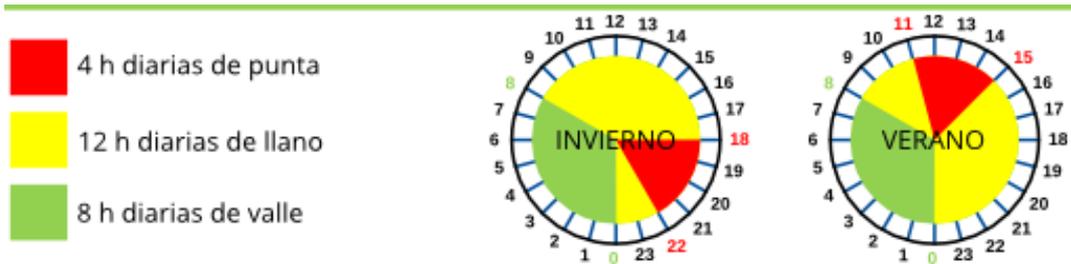


Ilustración 8. Discriminación horaria en Tarifas 3.0 y 3.1

Los consumos registrados en el suministro divididos por periodos a lo largo del último año **(periodo desde 08/2019 hasta 07/2020)**, están reflejados en las siguientes gráficas.

Consumo total por periodos de facturación: [kWh]

MES	TARIFA	kWh	PRECIO	REACTIVA
AGOSTO 19	2.0	160	0.1198	
SEPTIEMBRE 19	2.0	160	0.1198	
OCTUBRE 19	2.0	134	0.1198	
NOVIEMBRE 19	3.0	1.931	0.1125	832
DICIEMBRE 19	3.0	3.858	0.1125	1.562
ENERO 20	3.0	1.011	0.1120	
FEBRERO 20	3.0	922	0.1120	
MARZO 20	3.0	182	0.1120	
ABRIL 20	2.0	157	0.1639	
MAYO 20	2.0	157	0.1639	
JUNIO 20	2.0	126	0.1639	
JULIO 20	2.0	134	0.1639	

*Electricidad más cara al cambiar de Tarifa One Luz (2019) a Tempo Open cuando el mercado tiende claramente a lo contrario.

El total anual de energía activa consumida en el suministro es de **8.932 kWh**.

Por tanto, con los datos disponibles presentados, se pueden determinar los siguientes costes anuales producidos:

COSTES EN EL TÉRMINO DE ENERGÍA:

MES	kWh	PRECIO	TOTAL (IMP. INCL.)
AGOSTO 19	160	0.1198€	24,37€
SEPTIEMBRE 19	160	0.1198€	24,37€
OCTUBRE 19	134	0.1198€	20,41€
NOVIEMBRE 19	1.931	0.1125€	276,29€
DICIEMBRE 19	3.858	0.1125€	552,02€
ENERO 20	1.011	0.1120€	144,01€
FEBRERO 20	922	0.1120€	131,33€
MARZO 20	182	0.1120€	25,92€
ABRIL 20	157	0.1639€	32,72€
MAYO 20	157	0.1639€	32,72€
JUNIO 20	126	0.1639€	26,26€
JULIO 20	134	0.1639€	27,93€
		TOTAL:	1.318,42€

Por tanto esta cuantía de **1.318,42€** en concepto de gasto por el término de la energía del último año de facturación eléctrica es sobre el que se puede actuar, rebajándolo generando su propia electricidad mediante una instalación fotovoltaica.

4.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Se plantea una instalación en la modalidad de autoconsumo.

El autoconsumo consiste en la producción de energía eléctrica conectada directamente a la red interior del consumidor, donde se consume parte de esta energía y el resto se vuelca a la red de distribución eléctrica para su posterior compensación de excedentes en la factura eléctrica.

El siguiente esquema describe la conexión de la planta fotovoltaica a la red interior del usuario:

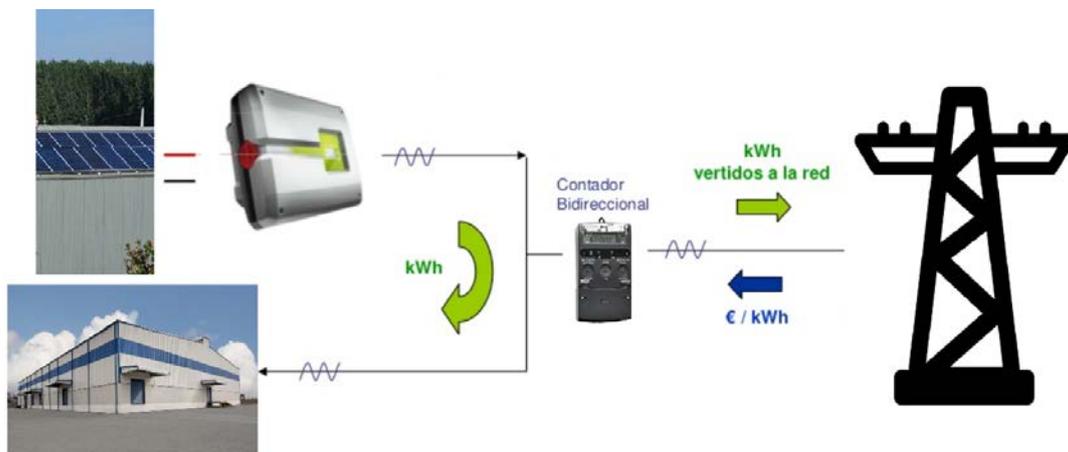


Ilustración 9. Esquema de autoconsumo

4.2. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA

La instalación fotovoltaica a instalar en el suministro, con el fin de cubrir la mayor parte del consumo eléctrico en P1 y P2 es:

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	
Número de módulos	84
Potencia de los módulos [Wp]	450
Potencia pico instalada en el campo generador [kWp]	37,80
Potencia nominal de la instalación [kW]	35

Tabla 1. Instalación solar fotovoltaica propuesta

Se plantea una doble instalación fotovoltaica conectada en paralelo de 18.900 kWp de potencia instalada en paneles solares. Estos paneles irán conectados a su inversor de 17,5 kW de potencia nominal.

La potencia total de los inversores será la que determine la potencia de la instalación y tendrá un valor nominal de 35 KW.

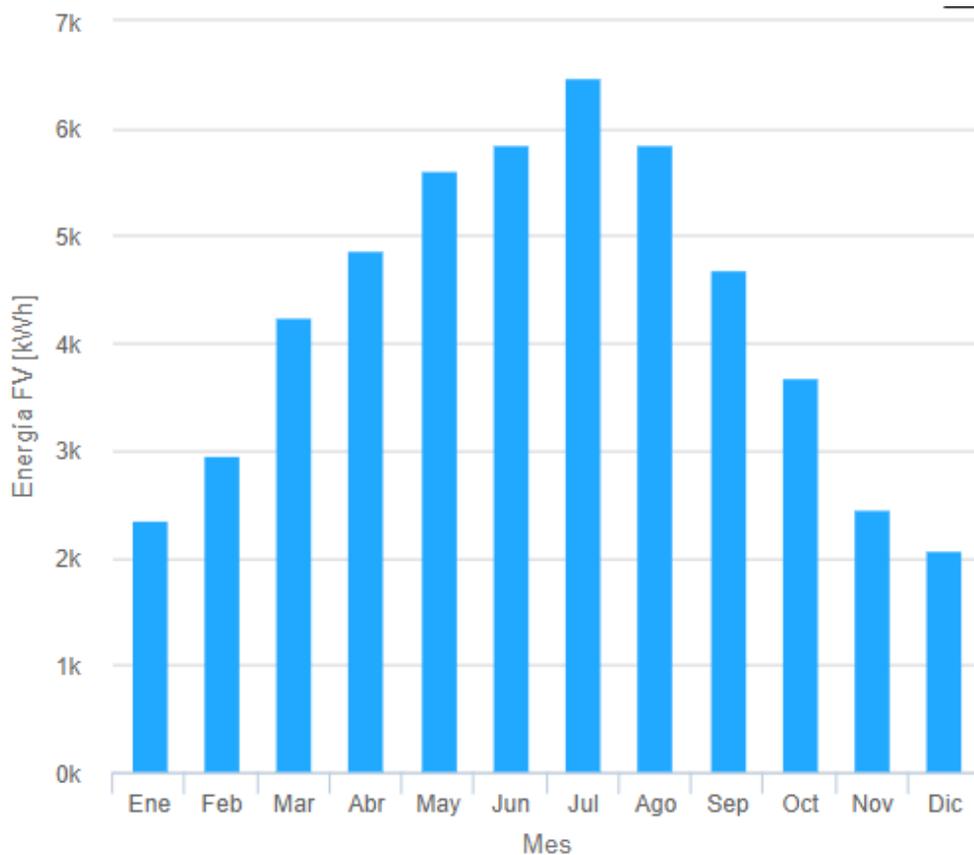


Ilustración 10. Generación FV anual

La producción anual total de kWh será de, aproximadamente, 51.125 kWh.

La instalación fotovoltaica irá colocada sobre el tejado de la nave, aprovechando toda la superficie disponible para maximizar la producción solar. Para ello se utilizará una estructura de aluminio sobre la que se asentarán los módulos fotovoltaicos.



Ilustración 11. Superficie de tejado

4.2.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Potencia nominal	P_{MPP}	450	Wp
Tensión nominal	V_{MPP}	41,3	V
Corriente nominal	I_{MPP}	9,98	A
Corriente de cortocircuito	I_{SC}	10,99	A
Tensión a circuito abierto	V_{OC}	48,9	V
Número de células	-	144	-

Tabla 2. Características eléctricas módulos fotovoltaicos

Características físicas:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	UNIDAD
Dimensiones (Largo x Ancho x Espesor)	2008x1002x40	mm
Masa	23	Kg

Tabla 3. Características físicas módulos fotovoltaicos

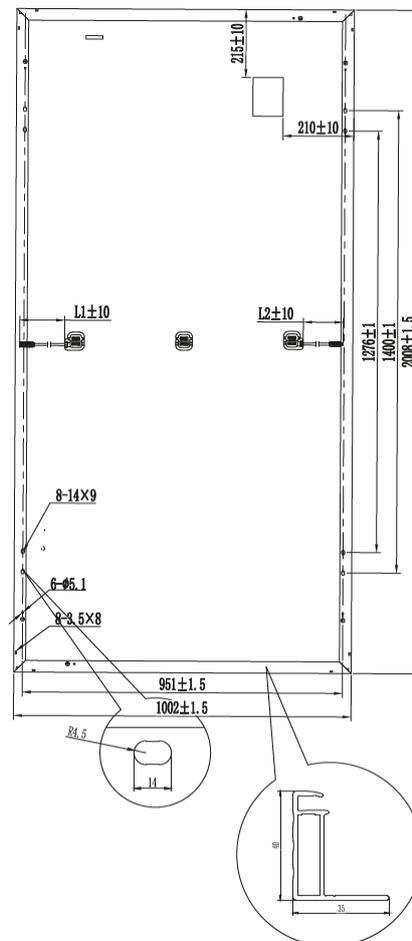


Ilustración 12. Cotas del panel fotovoltaico

4.2.2. INVERSORES SINUSOIDALES TRIFÁSICOS

Es el equipo encargado de transformar la energía procedente del campo solar para alimentar la red trifásica del edificio mediante corriente alterna similar a la red.

Mediante la conmutación de semiconductores bidireccionales, se consigue una señal sinusoidal de salida y que suele ser empleada en alimentar la carga. A lo largo de la historia de estos dispositivos, se ha buscado conseguir una señal de salida lo más parecida a una onda sinusoidal perfecta independientemente de la carga.

Las características del inversor han de ser como mínimo, las siguientes:

- Inyección trifásica.
- Ha de tener varios seguidores PMP para el correcto dimensionado de la tensión de entrada.
- Bajo esa condición, su rendimiento ha de ser igual o superior al 97%.
- Debe incorporar un programador de lógicas interno.
- Debe tener un software de comunicación, monitorización y control propio con muestreo de milisegundos, para poder comprobar datos en tiempo real.



Ilustración 13. Inversor referente

4.3. RESULTADOS ECONÓMICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA

Recogiendo los términos económicos de los datos anteriores resulta la comparación entre energía consumida mediante la Tarifa 2.0A y la Tarifa 3.0A:

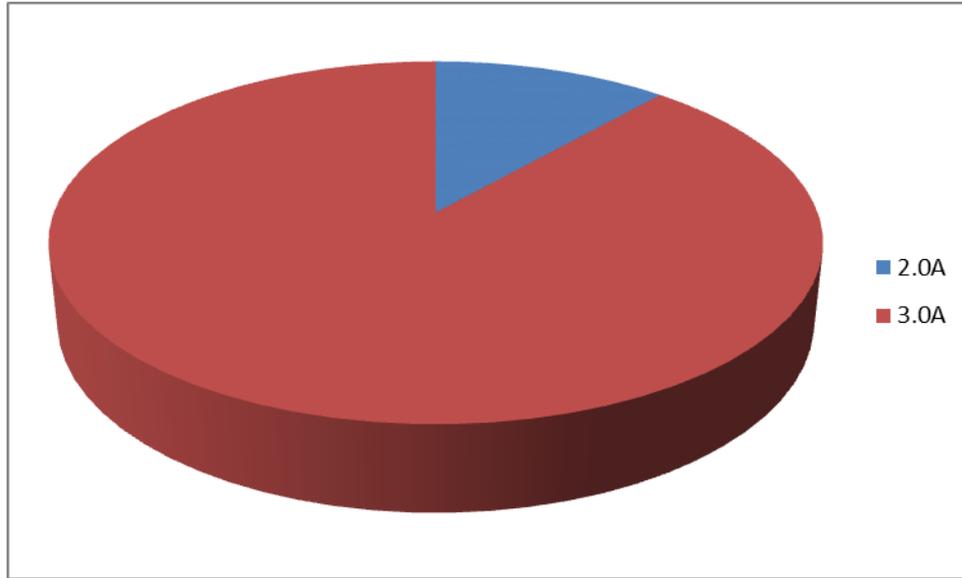


Ilustración 14. Comparación entre 2.0A y 3.0A

Por tanto, el gasto de energía en 3.0A es casi 8 veces mayor que en 2.0A.

Agrupando los 2 suministros y asumiendo un autoconsumo + compensación de excedentes ideal:

$$\text{COSTE DE LA ENERGÍA} - \text{EXCEDENTES COMPENSADOS} = 0\text{€}$$

0 € será el futuro valor del término correspondiente a la Energía Activa de la factura con la instalación propuesta en funcionamiento.

De esta manera se obtendría un ahorro de **1.036,61€** anuales que incluyendo **impuestos** (IEE + IVA) hacen un total de **1318,42€**, resultando un ahorro medio mensual de 109,86€.

5.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

5.1. AHORRO

Con el funcionamiento normal de la instalación propuesta, se estiman los siguientes ahorros:

- ✓ En el término de energía, dejando de adquirir gran parte de la energía de la red gracias al aprovechamiento de la energía procedente del sol y la compensación mediante la venta de los excedentes de la instalación.
- ✓ En el Impuesto Especial sobre la Electricidad, que grava el término anterior con un 5,11269632%.
- ✓ El IVA, que supone un 21% de la suma de los dos términos anteriores.

AHORRO EN LA FACTURA ELÉCTRICA		
TERMINO DE ENERGÍA	Ahorro por energía consumida	1.036,61 €
I.E.E.	Ahorro impuesto especial de electricidad	52,99 €
TOTAL AHORRO ANUAL		1.089,60 €
TOTAL AHORRO ANUAL (IVA incl.)		1.318,42 €
TOTAL AHORRO MENSUAL MEDIO (IVA incl.)		109,86 €

Tabla 4. Desglose de los ahorros producidos

5.2. ANÁLISIS

La vida útil del proyecto es de 27 años teniendo en cuenta una degradación del módulo fotovoltaico del 0.75% anual. Se considera cero los costes de mantenimiento.

El plan de inversión para la empresa es tipo CAPEX (Capital Expenditures), que es aquella parte económica que se destina a la compra de activo no corriente, en este caso, activo no corriente tangible. La instalación va a formar parte de la infraestructura fija de la empresa, siendo transportable y escalable, va a estar durante años rindiendo y va a ayudar aumentando la competitividad en el mercado reduciendo parte de costes fijos.

5.2.1. CUADRO DE AMORTIZACIÓN

Determinamos la energía producida y calculamos el coste medio de esa energía para conseguir el ahorro estimado del primer año. En la siguiente tabla se incluyen los siguientes elementos:

- **Año:** Número de años de la vida útil considerada de la instalación.
- **Rendimiento [%]:** Se considera la pérdida de rendimiento a lo largo de su vida útil.
- **Precio medio del kWh [€]:** Se considera una subida anual constante del precio del kWh 4% anual, siendo un dato muy conservador. El precio parte del cálculo del total de kWh consumidos en los últimos 12 meses y el importe pagado por ello.
- **Ahorro [€]:** Es el ahorro que se produce cada año.
- **Flujo anual [€]:** En este caso el flujo anual coincide con el ahorro debido a que podemos considerar cero euros los costes de mantenimiento de esta instalación.
- **Flujo acumulado [€]:** Parte en la inversión de la instalación y se le suma el flujo anual.

Año	Rend. [%]	Producción [kWh]	Precio medio kWh	Ahorro	Flujo anual	Flujo acumulado
0	0,00	0	0	0	-10.000,00 €	-10.000,00 €
1	100,00	51125	0,11200 €	1.318,42 €	1.318,42 €	-8.681,58 €
2	99,25	50742	0,11564 €	1.351,38 €	1.351,38 €	-7.330,20 €
3	98,50	50358	0,11940 €	1.385,17 €	1.385,17 €	-5.945,03 €
4	97,75	49975	0,12328 €	1.419,79 €	1.419,79 €	-4.525,24 €
5	97,00	49591	0,12729 €	1.455,29 €	1.455,29 €	-3.069,95 €
6	96,25	49208	0,13142 €	1.491,67 €	1.491,67 €	-1.578,28 €
7	95,50	48824	0,13569 €	1.528,96 €	1.528,96 €	-49,32 €
8	94,75	48441	0,14010 €	1.567,19 €	1.567,19 €	1.517,87 €
9	94,00	48058	0,14466 €	1.606,37 €	1.606,37 €	3.124,24 €
10	93,25	47674	0,14936 €	1.646,53 €	1.646,53 €	4.770,76 €
11	92,50	47291	0,15421 €	1.687,69 €	1.687,69 €	6.458,45 €
12	91,75	46907	0,15922 €	1.729,88 €	1.729,88 €	8.188,33 €
13	91,00	46524	0,16440 €	1.773,13 €	1.773,13 €	9.961,46 €
14	90,25	46140	0,16974 €	1.817,46 €	1.817,46 €	11.778,92 €
15	89,50	45757	0,17526 €	1.862,89 €	1.862,89 €	13.641,81 €
16	88,75	45373	0,18095 €	1.909,47 €	1.909,47 €	15.551,28 €
17	88,00	44990	0,18684 €	1.957,20 €	1.957,20 €	17.508,48 €
18	87,25	44607	0,19291 €	2.006,13 €	2.006,13 €	19.514,61 €
19	86,50	44223	0,19918 €	2.056,29 €	2.056,29 €	21.570,90 €
20	85,75	43840	0,20565 €	2.107,69 €	2.107,69 €	23.678,59 €
21	85,00	43456	0,21233 €	2.160,38 €	2.160,38 €	25.838,97 €
22	84,25	43073	0,21923 €	2.214,39 €	2.214,39 €	28.053,37 €
23	83,50	42689	0,22636 €	2.269,75 €	2.269,75 €	30.323,12 €
24	82,75	42306	0,23372 €	2.326,50 €	2.326,50 €	32.649,62 €
25	82,00	41923	0,24131 €	2.384,66 €	2.384,66 €	35.034,28 €
26	81,25	41539	0,24915 €	2.444,28 €	2.444,28 €	37.478,56 €
27	80,50	41156	0,25725 €	2.505,38 €	2.505,38 €	39.983,94 €
28	79,75	40772	0,26561 €	2.568,02 €	2.568,02 €	42.551,96 €
29	79,00	40389	0,27425 €	2.632,22 €	2.632,22 €	45.184,18 €
30	78,25	40005	0,28316 €	2.698,02 €	2.698,02 €	47.882,20 €

Tabla 5. Tabla de amortización



Ilustración 15. Gráfica del flujo acumulado

5.2.2. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El valor Actual Neto consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar la instalación. Este método es útil para la evaluación de una inversión, pues el VAN ayuda a determinar si la inversión es rentable:

- Cuando el VAN es mayor que cero, el valor actual de los ahorros producidos de la instalación a la tasa elegida, generara una rentabilidad es decir nuestra inversión es viable.
- En el caso de que el VAN sea igual a cero, el proyecto no generará rentabilidad ni pérdida.
- Si el VAN resulta menor que cero, la inversión obtendría pérdidas, por lo que no sería viable realizarla.

En su cálculo se incluye la vida útil del proyecto, los flujos de caja que va a generar el proyecto descontados a una determinada tasa de interés, el importe inicial de la inversión y el flujo anual.

El resultado del análisis VAN es:

$$\text{VAN} = 25.064,25 \text{ €}$$

El análisis del VAN es claramente mayor a cero, lo que indica que la inversión es rentable.

5.2.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Es el tipo de interés al que se descuentan los flujos futuros de cobros y pagos previstos en una inversión, para igualarlos con el valor inicial de la misma (obteniéndose un Valor Actual Neto igual a 0).

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR = k$ o $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

En el cálculo de la TIR se tiene en cuenta el flujo anual, el número de años y el valor de la inversión inicial.

El resultado del análisis de la TIR es:

$$TIR = 15,30 \%$$

El análisis de la TIR nos indica que la inversión obtiene ese % de rentabilidad.

5.2.4. ANÁLISIS PAY-BACK

El payback o plazo de recuperación es el plazo que se tardará para que el valor de la inversión inicial sea superado mediante los flujos de caja. De esta forma se obtiene el tiempo que tendrá que pasar para recuperar el dinero que se ha invertido.

El resultado del análisis payback es de:

$$\text{Plazo de recuperación} = 7 \text{ años y } 12 \text{ días}$$

5.2.5. ANÁLISIS LCOE (Levelized Costs Of Energy)

El análisis LCOE (de sus siglas en inglés: Levelized Costs Of Energy o Coste Nivelado de la Electricidad de sus siglas en castellano), es la valoración económica del coste de la instalación de generación de electricidad que incluye todos los costos a lo largo de la vida útil del proyecto: la inversión inicial, operación y mantenimiento, costo de capital, etc.

El resultado del análisis LCOE es de:

$$0.007315 \text{ €/kWh}$$

6. CONCLUSIONES

El coste de energía total en el periodo analizado fue de 1.318,42 €. El coste con la instalación propuesta en funcionamiento hubiera sido idealmente de 0 €.

El ahorro total anual producido es de 1.318,42 €, obteniendo una media mensual de ahorro en la factura de 109,86 €.

La instalación constará de 84 módulos fotovoltaicos de 450 Wp y una potencia nominal de inversor de 2x17,5 kW.

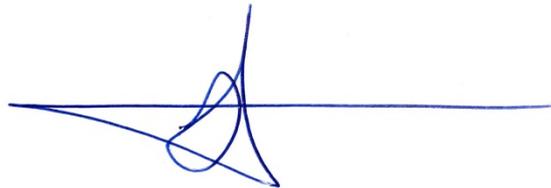
Con esta configuración se producirá unos 51.125 kWh y el consumo anual del periodo analizado fue de 8.932 kWh. Esto resulta un exceso de producción de 42.193 kWh. Las futuras ampliaciones de consumo de la finca estarían cubiertas por esta instalación.

La inversión se amortiza en 7 años y 12 días.

El VAN indica un valor de 25.064,25 € siendo un valor inferior al coste real de la instalación, por tanto como indicador fiable de inversión, se deduce que NO sería una inversión recomendable ni rápida de amortizar. Si bien el coste final al cliente, significativamente inferior al coste real de la instalación, hace de esta inversión un producto rentable y amortizable.

En **Alborge**, Septiembre de 2020

Firmado:



ION ROMERO HERNÁNDEZ
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ESP. MECÁNICA IND.
Nº Colegiado COGITIAR: 9542 - IRHARAGON@COITIAR.ES

