

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
DESTINADA A AUTOCONSUMO

14,85 kWp

EN VALDEALGORFA

CARLOS MONTERO PABLO
CIF: 72895688H
Cadastrada-eo-677AR-Nº: 9691
C/MONTERO PABLO@gmail.com

Contenido

1.- OBJETO	5
2. ANÁLISIS GENERAL DE LA FACTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	6
2.0. PARTES QUE COMPONEN LA FACTURA.....	6
2.1. TÉRMINO DE POTENCIA	6
2.2. TÉRMINO DE ENERGÍA	7
2.3. ENERGÍA REACTIVA	8
2.4. EQUIPOS DE MEDIDA Y OTROS SERVICIOS.....	9
2.5. COSTE DE LA FACTURA DE LA ELECTRICIDAD.....	10
2.6. CONSIDERACIONES DE MERCADO	10
3.- ANTECEDENTES	11
4.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	15
4.1. IRRADIANCIA MEDIA DIARIA	15
4.2. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA	16
4.2.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	17
4.2.2. INVERSORES SINUSOIDALES TRIFÁSICOS	18
4.3. RESULTADOS ENERGÉTICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA	19
4.3.1. CONSUMO DE LA RED	19
4.3.2. AUTOCONSUMO.....	20
4.3.3. COMPENSACIÓN-VENTA DE EXCEDENTES	21
4.3.4. RESUMEN ENERGÉTICO.....	22
4.4. RESULTADOS ECONÓMICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA.....	25
4.5. INSTALACIÓN DE VENTA A RED.....	27
5.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN	28
5.1. AHORRO	28
5.2. ANÁLISIS	29
5.2.1. CUADRO DE AMORTIZACIÓN	29
5.2.2. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)	30
5.2.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	31
5.2.4. ANÁLISIS PAY-BACK	31
5.2.5. ANÁLISIS LCOE (Levelized Costs Of Energy)	31
6. CONCLUSIONES	32

1.- OBJETO

El objeto de este informe es, por un lado, dimensionar técnicamente el conjunto campo fotovoltaico – inversor/es óptimo con los datos recogidos y por otro lado, estimar el ahorro económico que se va a producir en el suministro propiedad de la Sociedad Cooperativa Oleícola Aragonesa de Valdealgorfa 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.

La potencia contratada es de P1: 28 kW - P2: 74 kW - P3: 74 kW.

La empresa comercializadora es KVERDES S.L. y la empresa distribuidora es ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.



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), **pudiendo 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

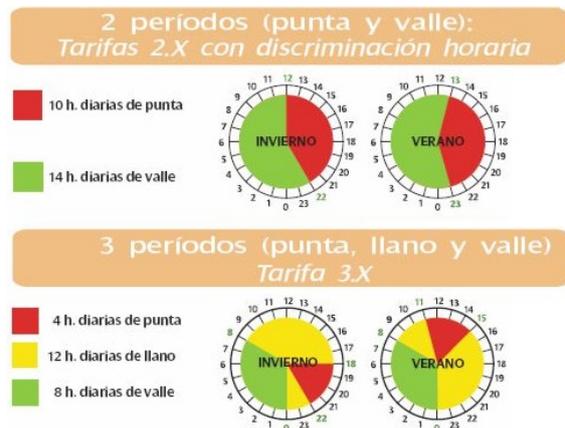


Ilustración 3. Discriminación horaria

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.

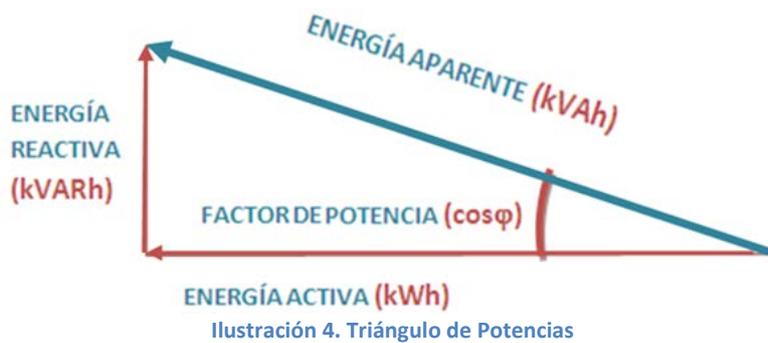
En suministros de más de 15 kW (Tarifa 3.0A) tenemos tres periodos. Estos horarios varían a lo largo del año, aunque el periodo valle (P3, el más barato) se mantiene todo el año entre las 0 y las 8 horas.

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 $IVA = Total\ factura \times 21\%$.

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

En base a las facturas eléctricas facilitadas por el cliente, se han obtenido los siguientes datos correspondientes al código CUPS.

DATOS GENERALES			
Tarifa	Tarifa 3.0 A		
Periodo	P1 Punta	P2 Llano	P3 Valle
Potencia	28 kW	74 kW	74 kW
Coste energía*	0,1142 €/kWh	0,09696 €/kWh	0,0732 €/kWh

Tabla 1. Datos del suministro

*Precio base medio en base a las facturas correspondientes al año 2018.

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.

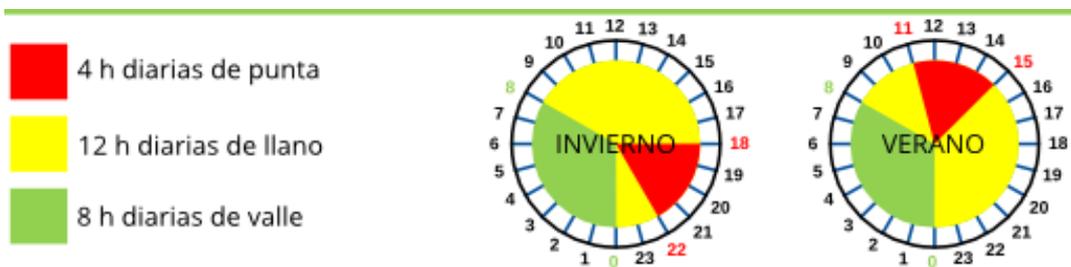


Ilustración 8. Discriminación horaria en Tarifas 3.0 y 3.1

Los consumos registrados en el suministro divididos por periodos a lo largo del último año (**periodo desde 1/1/2018 hasta 31/12/2018**), están reflejados en las siguientes gráficas.

La distribución de consumo total por periodos de facturación: [kWh]

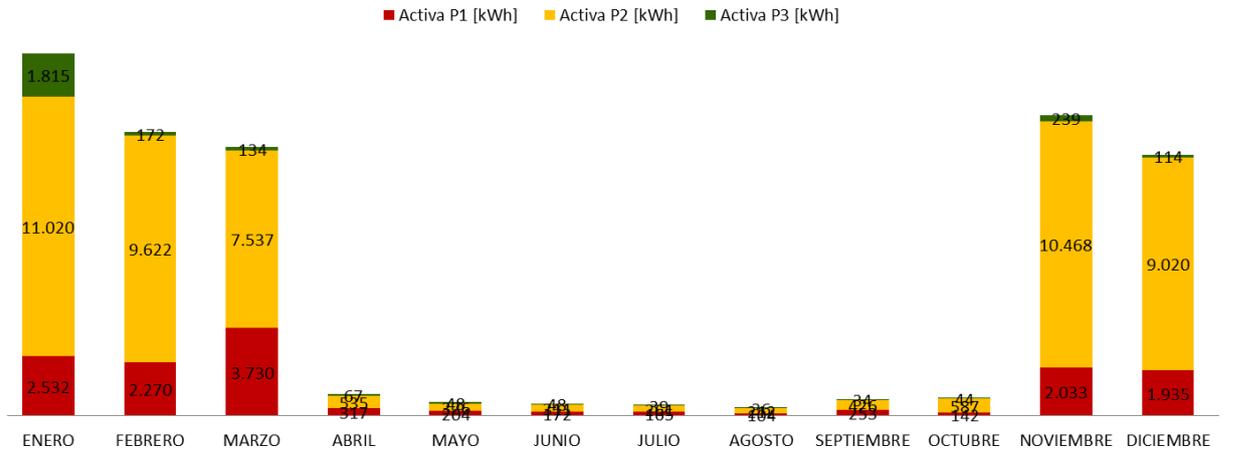


Ilustración 9. Distribución del consumo actual

La distribución de consumo total por periodos de facturación: [%]

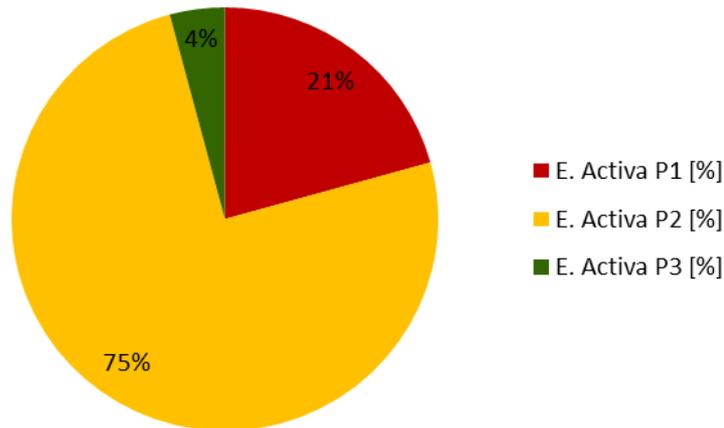


Ilustración 10. Distribución del consumo en porcentaje

Se puede apreciar en la gráfica que se consume casi toda (96%) la energía en los periodos P1 y P2. Esto es ideal para el planteamiento de una instalación fotovoltaica de autoconsumo ya que, debido a la generación, disminuirá el consumo eléctrico procedente de la red en P1 y P2.

Por otro lado, la Cooperativa registra un periodo de inactividad de abril a octubre en el que, si bien, el termino de energía en la factura sería de 0€, la instalación fotovoltaica se encontraría infrutilizada. Esto incrementará el tiempo de amortización frente a otras instalaciones fotovoltaicas en industrias convencionales, produciéndose igualmente el ahorro en los meses de mayor gasto energético.

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE INSTALACIÓN SOLAR DESTINADA A AUTOCONSUMO
DE 14,85 kWp PARA SOCIEDAD COOPERATIVA OLEÍCOLA DE VALDEALGORFA

También se dispone de los valores registrados por el maxímetro del contador, que indican la demanda de potencia máxima que se ha dado en cada periodo de facturación:

Lecturas de maxímetro (kW):						
Periodo	Potencia P1	Potencia P2	Potencia P3	Potencia P4	Potencia P5	Potencia P6
01/06/2016-30/06/2016	15	13	0	2	2	0
30/06/2016-31/07/2016	8	11	0	2	2	0
31/07/2016-31/08/2016	12	6	0	1	1	0
31/08/2016-30/09/2016	8	13	0	2	1	0
30/09/2016-31/10/2016	13	10	0	1	1	0
31/10/2016-30/11/2016	7	15	0	0	3	0
30/11/2016-31/12/2016	36	78	69	0	68	51
31/12/2016-31/01/2017	54	93	94	33	83	67
31/01/2017-28/02/2017	29	103	45	0	96	22
28/02/2017-31/03/2017	25	93	4	0	3	0
31/03/2017-30/04/2017	20	22	0	2	2	0
30/04/2017-31/05/2017	11	12	1	2	1	0
31/05/2017-30/06/2017	12	10	0	2	1	0
30/06/2017-31/07/2017	12	8	0	3	2	0
31/07/2017-31/08/2017	12	12	0	2	2	0
31/08/2017-30/09/2017	8	12	0	4	3	0
30/09/2017-31/10/2017	12	11	1	4	5	1
31/10/2017-30/11/2017	8	57	1	1	10	1
30/11/2017-31/12/2017	57	82	22	47	72	25
31/12/2017-31/01/2018	74	82	67	70	70	63
31/01/2018-28/02/2018	82	84	78	74	89	66
28/02/2018-31/03/2018	90	95	24	40	78	24
31/03/2018-30/04/2018	106	100	4	95	83	37
30/04/2018-31/05/2018	19	12	1	2	9	1
31/05/2018-30/06/2018	10	11	1	3	2	1
30/06/2018-31/07/2018	11	8	1	2	1	1
31/07/2018-31/08/2018	12	5	1	1	1	1
31/08/2018-30/09/2018	4	8	1	1	1	1
30/09/2018-31/10/2018	20	20	1	1	2	1
31/10/2018-30/11/2018	7	21	1	1	2	1
30/11/2018-31/12/2018	77	81	38	64	69	34
31/12/2018-24/01/2019	86	92	20	68	77	1
25/01/2019-31/01/2019	84	78	3	1	1	1
31/01/2019-28/02/2019	39	83	1	1	77	1
28/02/2019-31/03/2019	4	79	1	1	2	1
31/03/2019-30/04/2019	23	21	1	2	2	1
Máximos históricos	106	103	94	95	96	67

Tabla 2. Valores de maxímetro registrados

Las columnas de P4, P5 y P6 corresponden a P1, P2 y P3 en fin de semana. Se considera el máximo de ambos, en este caso coincide con P1, P2 y P3.

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

COSTES EN EL TÉRMINO DE ENERGÍA:

	E. Activa P1	E. Activa P2	E. Activa P3
TOTAL ANUAL [kWh]	13.857	50.324	2.790
%	20,69	75,14	4,17
% P1 + P2	95,83		
Precio kWh	0,1142000 €	0,0969600 €	0,0732000 €
€/Periodo (Imp. Incl.)	1.995,72 €	6.153,62 €	257,51 €
€/P1+P2 (Imp. Incl.)	8.149,33 €		
€/AÑO (Sin imp.)	6.609,87 €	€/AÑO (Imp. Incl.)	8.406,85 €

Tabla 3. Resumen energético del periodo analizado

Entre el periodo 1 y el periodo 2, se produce el **95,83%** del gasto total en consumo de energía, lo que se traduce en **8.149,33 €** anuales. Es en esta cuantía sobre la que se puede actuar, reduciéndola en gran medida mediante la instalación de un campo fotovoltaico.

Como información añadida, en la siguiente tabla aparece el consumo medio ponderado con el fin de averiguar cuál es el periodo que registra mayor actividad de los tres y así poder establecer la comparación.

	P1	P2	P3
TOTAL	13.857	50.324	2.790
Horas	4	12	8
Ponderado	3.464	4.194	349

Tabla 4. Consumos ponderados actuales

En este caso se aprecia que el periodo de más actividad es **P2**.

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.

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

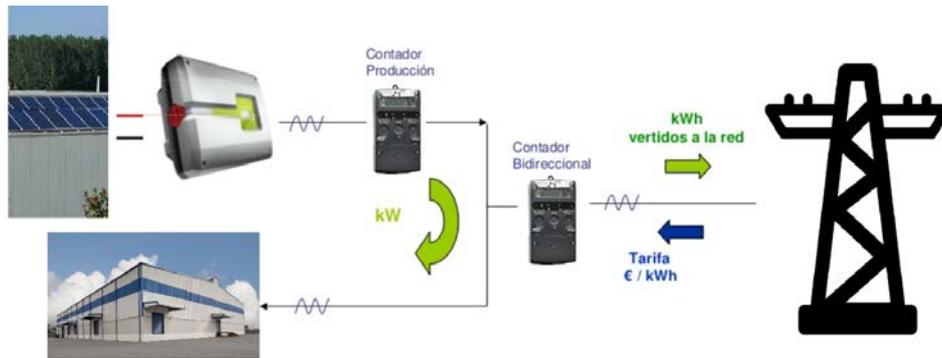


Ilustración 11. Esquema de autoconsumo

4.1. IRRADIANCIA MEDIA DIARIA

Partiendo del resultado de la irradiancia (magnitud usada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de la radiación electromagnética. Se mide en W/m^2) media diaria en la ubicación objeto de este estudio de instalación, con un acimut de -26° , es decir, orientada al suroeste y con una inclinación de 10° de los módulos fotovoltaicos es:

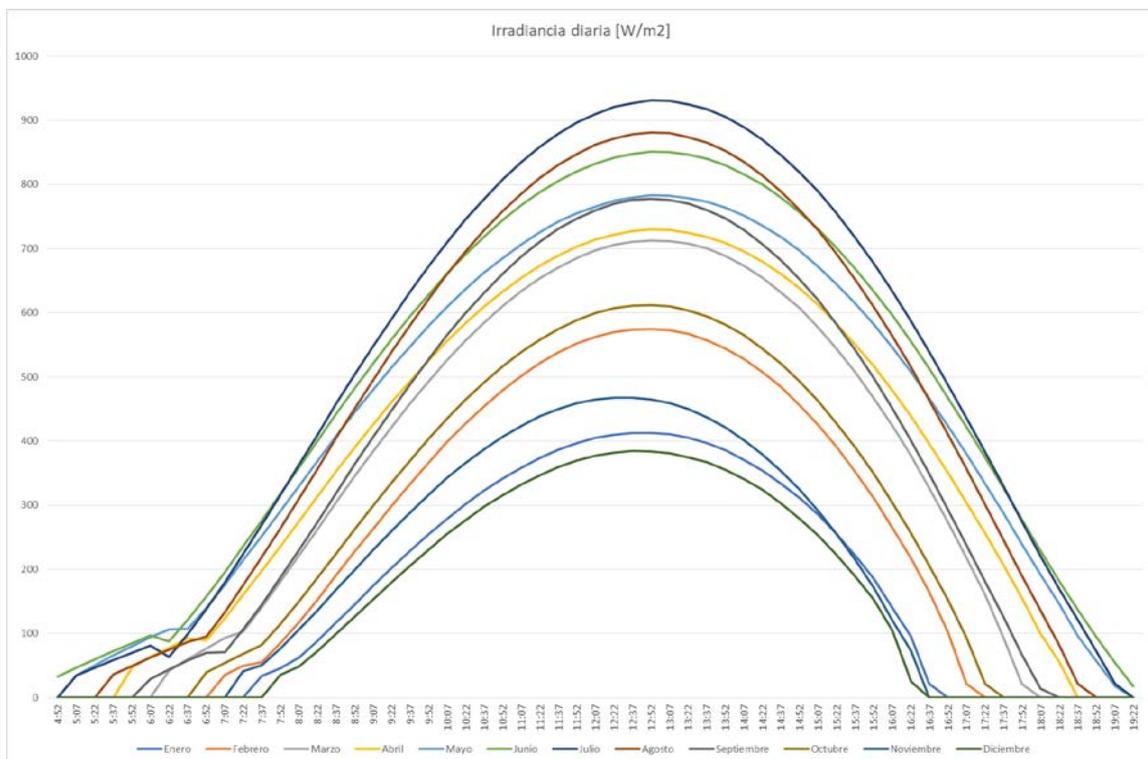


Ilustración 12. Irradiancia media diaria en la ubicación

4.2. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA

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

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	
Número de módulos	45
Potencia de los módulos [Wp]	330
Potencia pico instalada en el campo generador [kWp]	14,85
Potencia nominal de la instalación [kW]	12

Tabla 5. Instalación solar fotovoltaica propuesta

La potencia total de los inversores será la que determine la potencia de la instalación y tendrá un valor nominal de 12 kW. La instalación constará de un inversor conectado a la red con un valor de potencia nominal de 12 kW. La instalación será modular con la posibilidad de añadir otro inversor/es con sus respectivos conjuntos de paneles fotovoltaicos en un futuro.

La vertiente sur soportará los paneles colocados en ella sobre raíles de forma coplanaria. Esta vertiente tiene una superficie de 440m², de los cuales se emplearán 90m². Se plantea una instalación en 3 hileras de 15 paneles coincidiendo con la distribución de series que irán al inversor.



Ilustración 13. Superficie de tejado

4.2.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Potencia nominal	P_{MPP}	330	Wp
Tensión nominal	V_{MPP}	37,2	V
Corriente nominal	I_{MPP}	8,88	A
Corriente de cortocircuito	I_{SC}	9,45	A
Tensión a circuito abierto	V_{OC}	45,6	V
Número de células	-	72	-

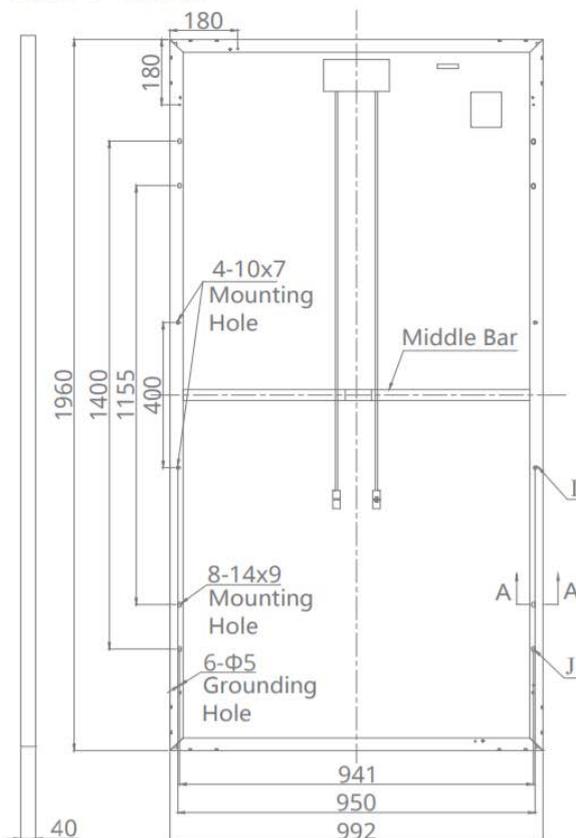
Tabla 6. Características eléctricas módulos fotovoltaicos

Características físicas:

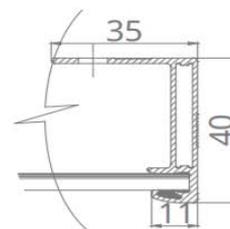
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	UNIDAD
Dimensiones (Largo x Ancho x Espesor)	1960x992x40	mm
Masa	22.4	Kg

Tabla 7. Características físicas módulos fotovoltaicos

Rear View



Frame Cross Section A-A



Mounting Hole

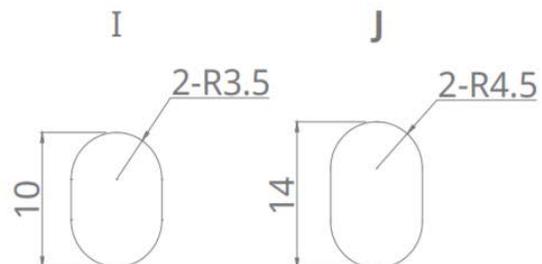


Ilustración 14. Cotas del panel fotovoltaico

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 15. Inversor referente

4.3. RESULTADOS ENERGÉTICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA

Se van a presentar los resultados energéticos y económicos que se hubieran producido con la instalación propuesta en funcionamiento en el periodo analizado. Estos son; los valores de consumo de energía procedente de la red, los valores del autoconsumo producido y los valores de venta de excedentes para su compensación económica en la factura.

4.3.1. CONSUMO DE LA RED

Con esta instalación serán necesarios los siguientes consumos energéticos de la red. La instalación se apoyará en la red cuando la producción solar no sea suficiente para cubrir la demanda, incluyendo el periodo nocturno. Este consumo producido es mucho más reducido que el actual, sin instalación fotovoltaica.

Distribución del nuevo consumo total por periodos de facturación: [kWh]

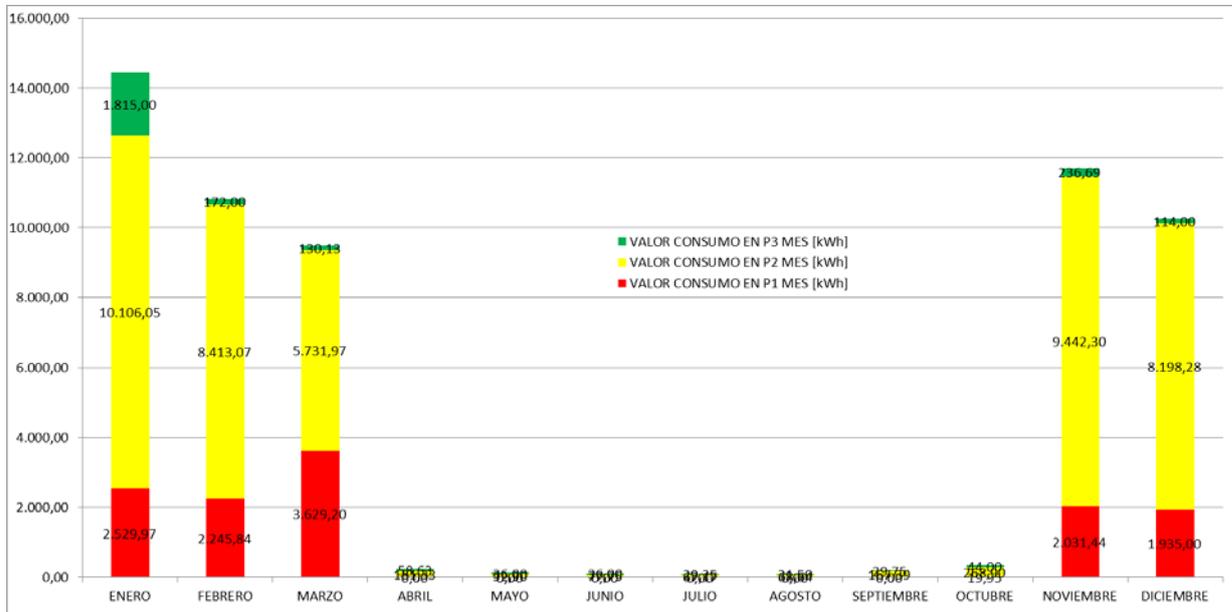


Ilustración 16. Consumo de la red

Distribuidos de esta manera entre periodos [%]:

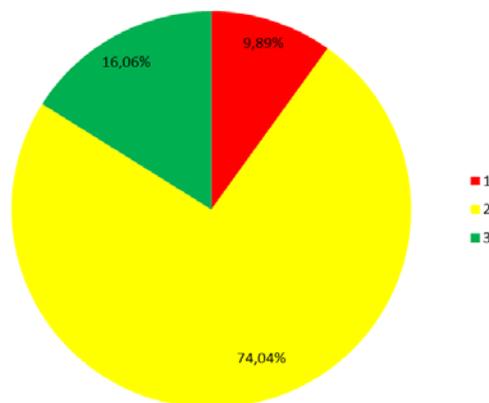


Ilustración 17. Distribución del consumo de la red

4.3.2. AUTOCONSUMO

La gráfica del autoconsumo propiciado en el suministro gracias a la generación de energía eléctrica a partir de energía solar, tendrá la siguiente conformación y valores:

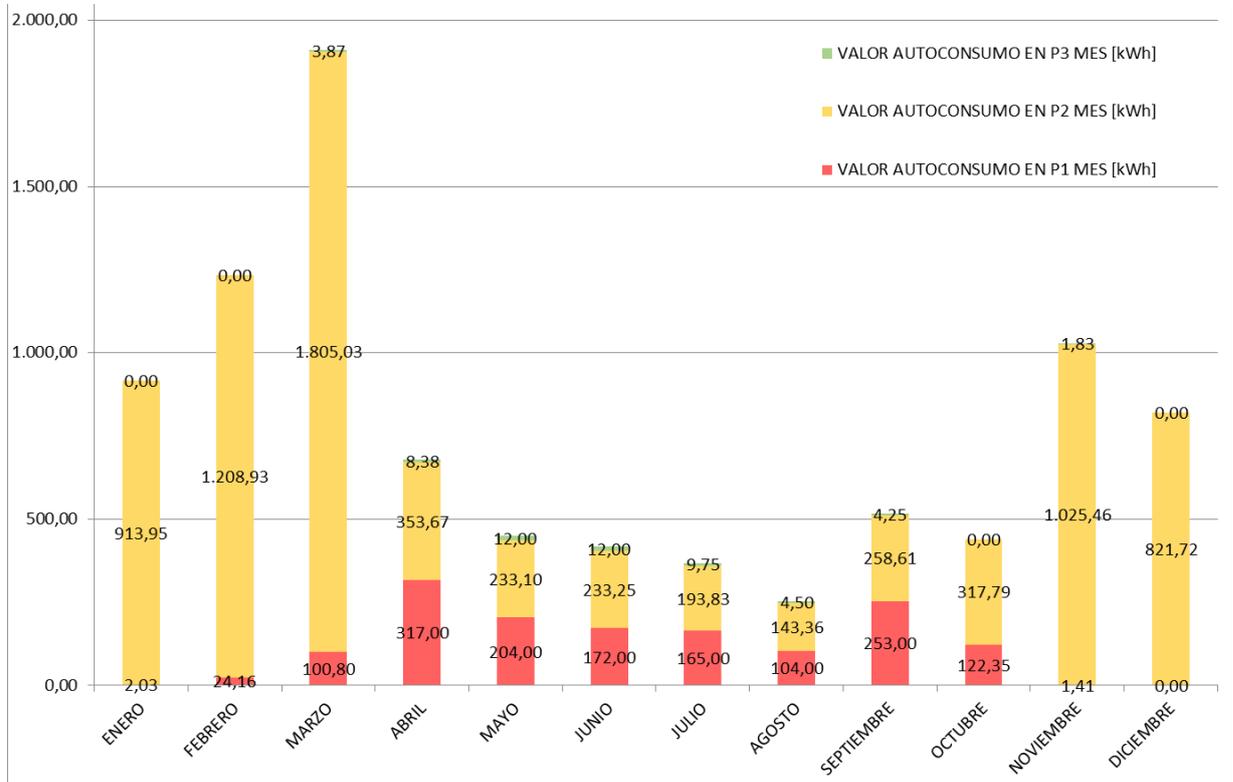


Ilustración 18. Autoconsumo generado

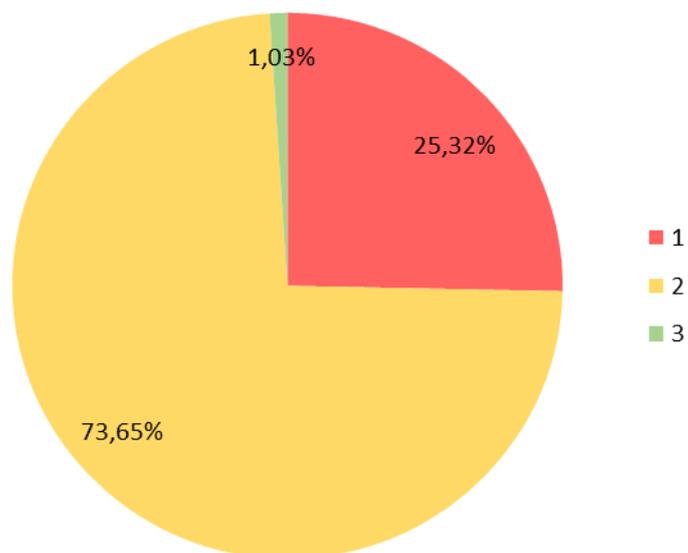


Ilustración 19. Distribución del autoconsumo generado

4.3.3. COMPENSACIÓN-VENTA DE EXCEDENTES

Compensación-Venta de kWh excedentes con el objetivo de una compensación económica en la facturación. El límite se encuentra en pagar 0€ en el término de energía, es decir, nunca se va a obtener beneficio económico de esta manera, solo ahorro hasta pagar 0€ en los meses más favorables.

La gráfica de kWh excedentes disponibles para su compensación:

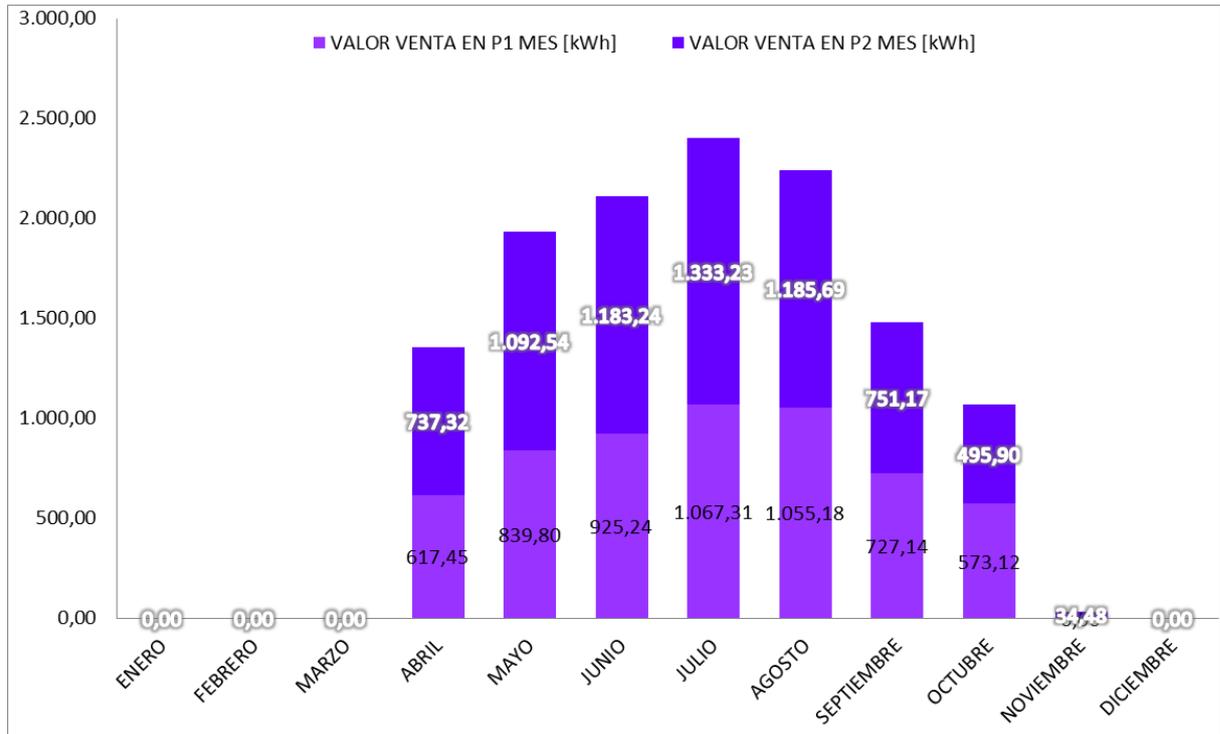


Ilustración 20. Compensación por periodos

En la siguiente gráfica se observa que se producen excesos para venta en P2:

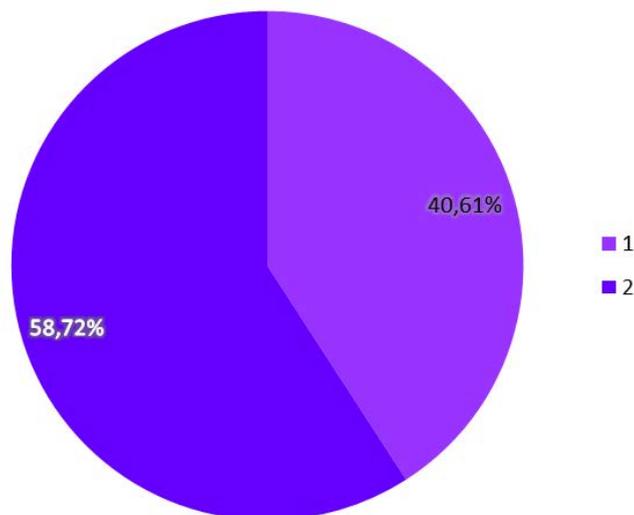


Ilustración 21. Comparativa de compensación entre P1 vs P2

4.3.4. RESUMEN ENERGÉTICO

Resumiendo los anteriores puntos en una sola gráfica con el objetivo de comparar y observar la magnitud del consumo, del autoconsumo y de la venta en cada periodo de facturación.

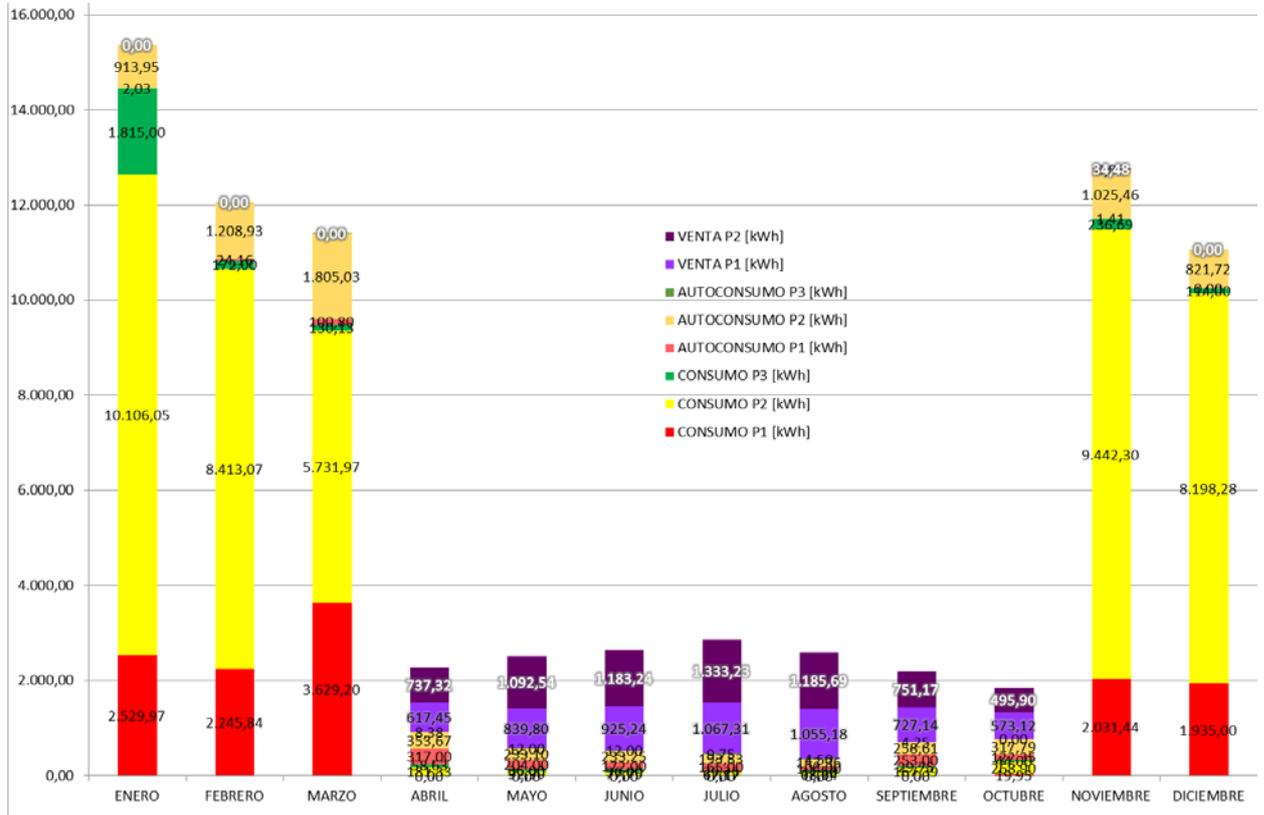


Ilustración 22. Distribución energética producida

En la siguiente gráfica se puede apreciar la distribución del consumo de red, del autoconsumo y de la venta producidos en los periodos P1 y P2.

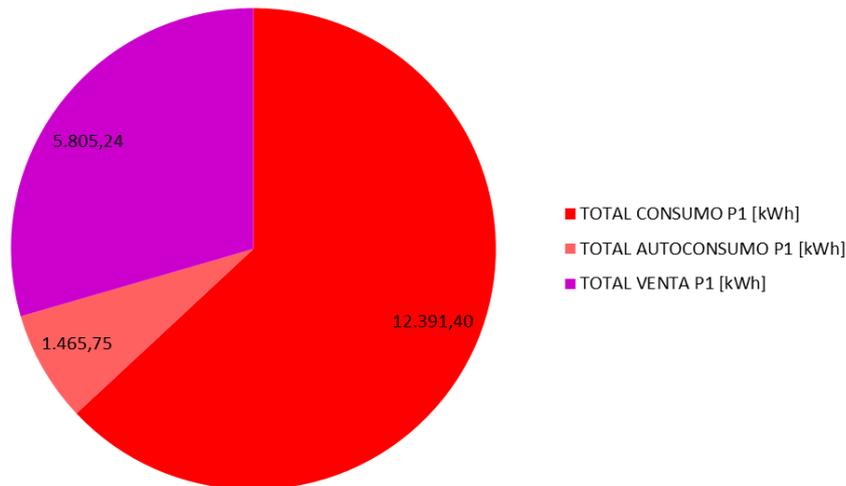


Ilustración 23. Distribución entre consumo, autoconsumo y compensación en P1

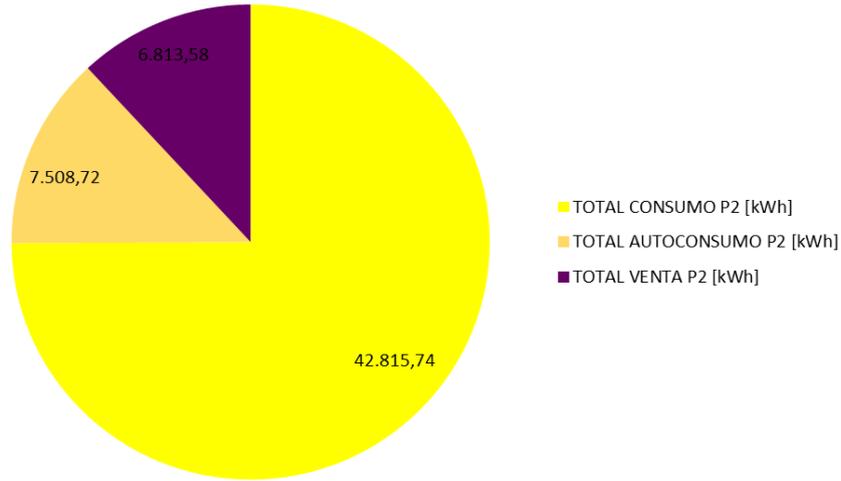


Ilustración 24. Distribución entre consumo, autoconsumo y compensación en P2

Otra forma de representar estos resultados es, enfrentando gráficamente la distribución entre el consumo procedente de la red y autoconsumo producido en porcentaje:

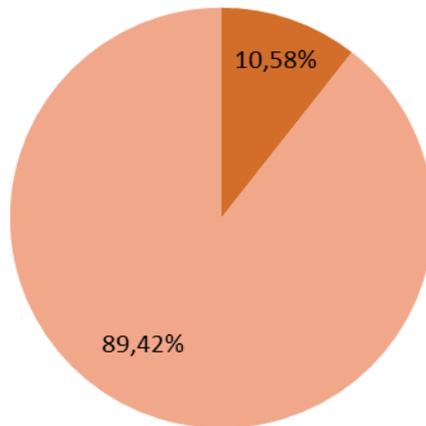


Ilustración 25. Distribución entre consumo de red y autoconsumo en P1

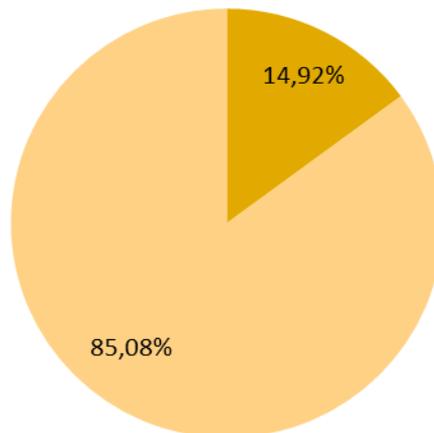


Ilustración 26. Distribución entre consumo de red y autoconsumo en P2

Si tuviéramos un campo fotovoltaico ilimitado (cientos de MW) disponible exclusivamente para alimentar a la instalación, se cubriría de la siguiente manera la demanda energética:

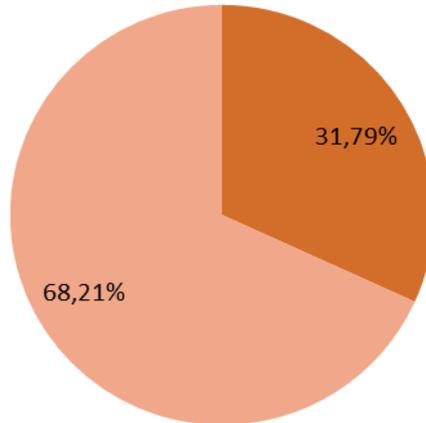


Ilustración 27. Distribución máxima entre consumo de red y autoconsumo en P1

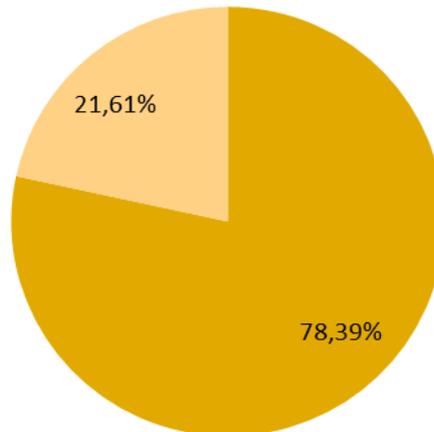


Ilustración 28. Distribución máxima entre consumo de red y autoconsumo en P2

Por tanto, se observa que nunca se va a poder alcanzar el 100% de la cobertura energética en ninguno de los periodos.

Por esto, es muy importante hallar una muy buena relación entre el campo fotovoltaico a instalar y el aprovechamiento **óptimo** de la instalación para no producir sobrecostes que prolonguen innecesariamente el periodo de amortización.

4.4. RESULTADOS ECONÓMICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA

Traduciendo en términos económicos los anteriores datos resulta:

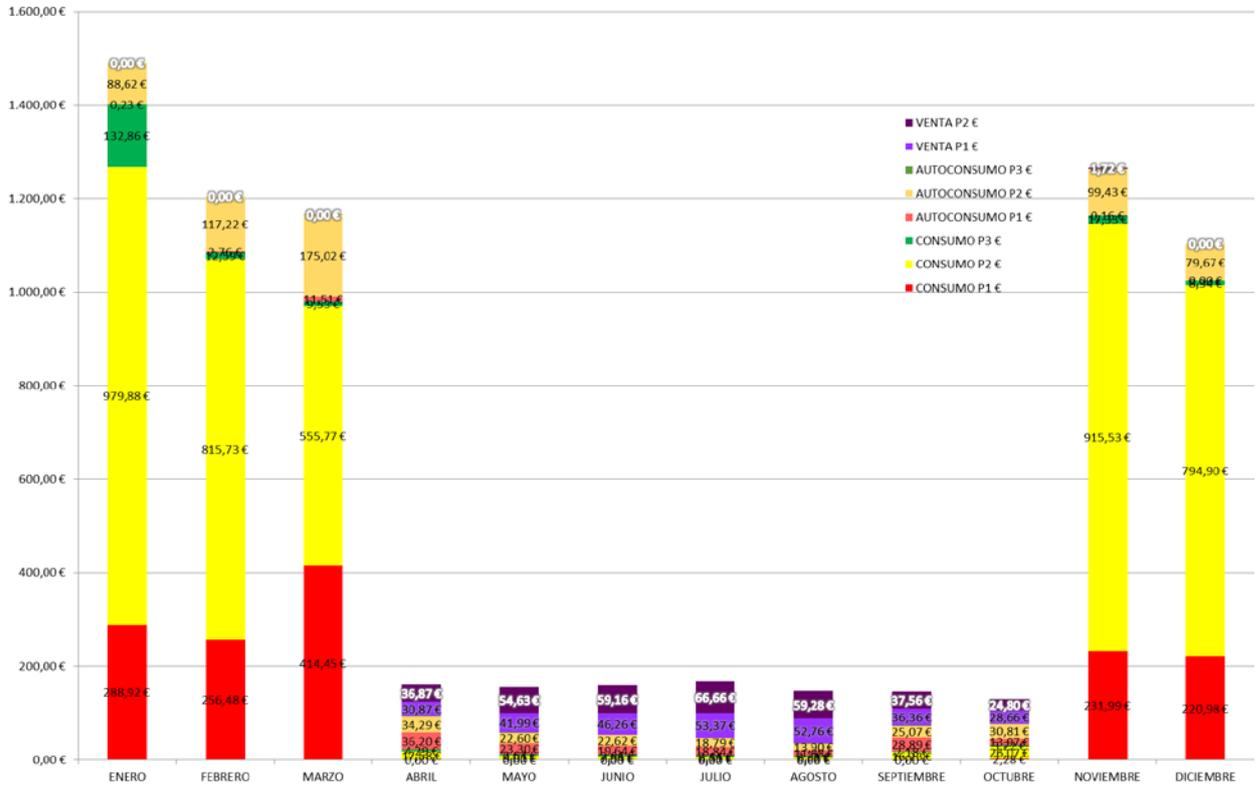


Ilustración 29. Valores económicos de la distribución energética.

Que agrupado en los tres casos y eliminando la división en periodos de facturación, para obtener una visión global de los resultados:

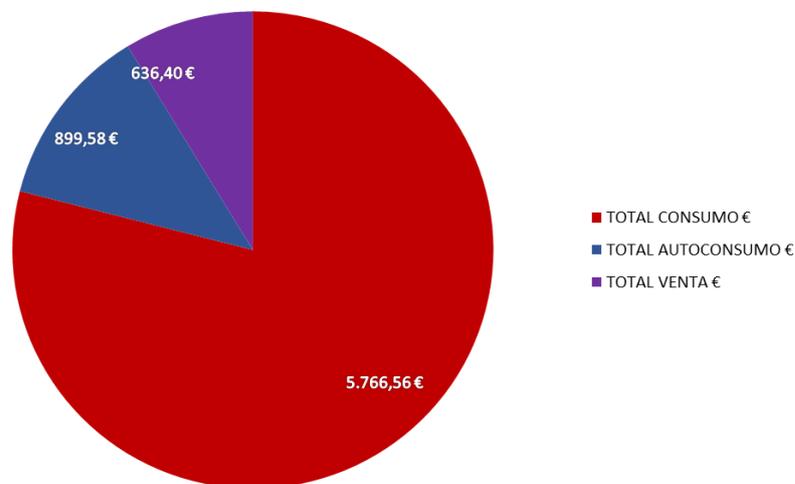


Ilustración 30. Resumen valores económicos consumo, autoconsumo y compensación.

Por tanto, restando al término del consumo procedente de la red, el valor de la venta producido, obtenemos el valor económico final del coste del término de energía que se hubiera obtenido en el periodo analizado si se dispusiera de la instalación planteada en funcionamiento:

COSTE DE LA ENERGÍA – INGRESOS COMPENSADOS POR VENTA = COSTE BALANCEADO EN LA FACTURA

7.334,28 €	809,41 €	7.190,55 €
------------	----------	------------

7.190,55 € será el futuro valor del término correspondiente a la Energía Activa de la factura anual con la instalación propuesta en funcionamiento.

4.5. INSTALACIÓN DE VENTA A RED

Añadir como curiosidad, que si esta instalación estuviese destinada íntegramente a la venta del total de su producción, produciría el siguiente rendimiento:

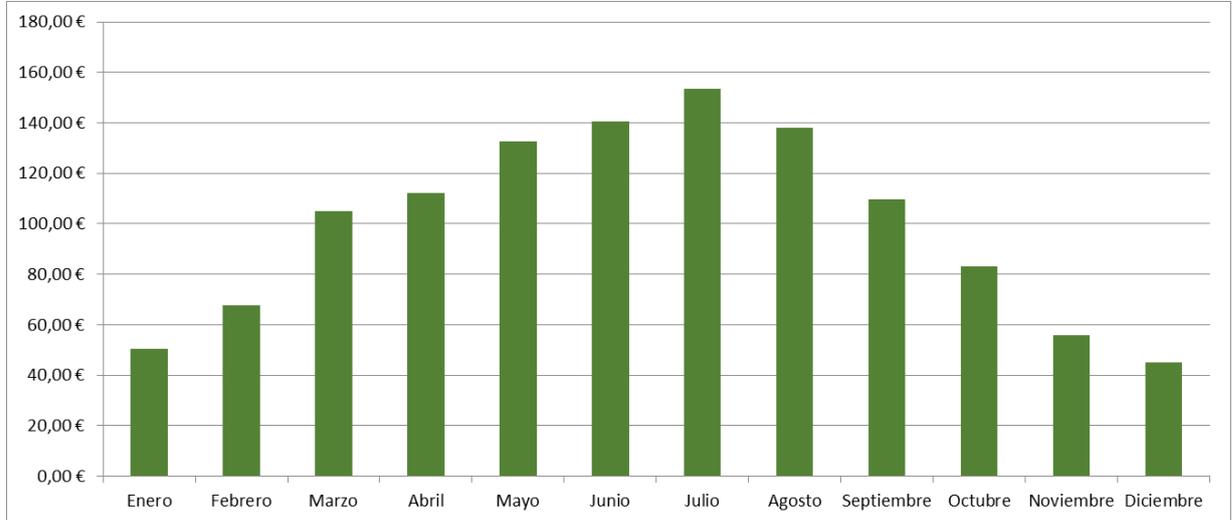


Ilustración 31. Rendimiento económico de una instalación similar destinada exclusivamente a venta

Energía diaria [kWh]	Días	Total Mensual [kWh]	Precio 100% a venta	
Enero	29,55	31	915,98	50,38 €
Febrero	44,04	28	1233,09	67,82 €
Marzo	61,60	31	1909,70	105,03 €
Abril	68,08	30	2042,40	112,33 €
Mayo	77,72	31	2409,29	132,51 €
Junio	85,23	30	2556,83	140,63 €
Julio	90,07	31	2792,20	153,57 €
Agosto	80,93	31	2508,98	137,99 €
Septiembre	66,55	30	1996,43	109,80 €
Octubre	48,68	31	1509,17	83,00 €
Noviembre	33,82	30	1014,50	55,80 €
Diciembre	26,51	31	821,72	45,19 €
TOTAL DISPONIBLE:		21710	1.194,07 €	
		TOTAL (Imp.Incl.):	1.444,82 €	

Ilustración 32. Rendimiento energético y económico anual instalación exclusivamente venta

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.
- ✓ El primer año se considera el ahorro producido por el ajuste de potencia, luego ya no.

AHORRO EN LA FACTURA ELÉCTRICA PRIMER AÑO			
TERMINO DE ENERGÍA	Ahorro por energía consumida		956,31 €
TERMINO DE POTENCIA	Ajuste potencia	P1=46 kW; P2=74 kW; P3=1 kW	1.069,97 €
I.E.E.	Ahorro impuesto especial de electricidad		103,60 €
TOTAL AHORRO ANUAL PRIMER AÑO			2.129,88 €
TOTAL AHORRO ANUAL (IVA incl.) PRIMER AÑO			2.577,15 €
TOTAL AHORRO MENSUAL MEDIO (IVA incl.) PRIMER AÑO			214,76 €

AHORRO EN LA FACTURA ELÉCTRICA			
TERMINO DE ENERGÍA	Ahorro por energía consumida		987,87 €
I.E.E.	Ahorro impuesto especial de electricidad		50,51 €
TOTAL AHORRO ANUAL			1.038,38 €
TOTAL AHORRO ANUAL (IVA incl.)			1.256,43 €
TOTAL AHORRO MENSUAL MEDIO (IVA incl.)			104,70 €

Tabla 8. Desglose de los ahorros producidos en primer y segundo año

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 (limpiar los módulos una vez al año). El precio del Wp instalado es considerado en torno a 0.89 € sin IVA.

El plan de inversión para la empresa es tipo CAPEX (Capital Expenditors), 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 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	€ energía hoy	€ energía futuros	Flujo anual	Flujo acumulado
0	0	0	0	0	0	-12.460,00 €	-12.460,00 €
1	100,00	21710,31	0,12553 €	8.406,85 €	7.190,55 €	2.286,27 €	-10.173,73 €
2	99,25	21547,48	0,12967 €	8.684,27 €	7.427,84 €	1.256,43 €	-8.917,30 €
3	98,50	21384,65	0,13395 €	8.970,85 €	7.672,96 €	1.297,90 €	-7.619,40 €
4	97,75	21221,82	0,13837 €	9.266,89 €	7.926,17 €	1.340,73 €	-6.278,68 €
5	97,00	21059,00	0,14294 €	9.572,70 €	8.187,73 €	1.384,97 €	-4.893,70 €
6	96,25	20896,17	0,14765 €	9.888,60 €	8.457,92 €	1.430,68 €	-3.463,03 €
7	95,50	20733,34	0,15253 €	10.214,92 €	8.737,04 €	1.477,89 €	-1.985,14 €
8	94,75	20570,52	0,15756 €	10.552,02 €	9.025,36 €	1.526,66 €	-458,48 €
9	94,00	20407,69	0,16276 €	10.900,23 €	9.323,19 €	1.577,04 €	1.118,55 €
10	93,25	20244,86	0,16813 €	11.259,94 €	9.630,86 €	1.629,08 €	2.747,63 €
11	92,50	20082,03	0,17368 €	11.631,52 €	9.948,68 €	1.682,84 €	4.430,47 €
12	91,75	19919,21	0,17941 €	12.015,36 €	10.276,99 €	1.738,37 €	6.168,84 €
13	91,00	19756,38	0,18533 €	12.411,86 €	10.616,13 €	1.795,74 €	7.964,58 €
14	90,25	19593,55	0,19145 €	12.821,46 €	10.966,46 €	1.855,00 €	9.819,58 €
15	89,50	19430,72	0,19777 €	13.244,56 €	11.328,35 €	1.916,21 €	11.735,80 €
16	88,75	19267,90	0,20429 €	13.681,64 €	11.702,19 €	1.979,45 €	13.715,24 €
17	88,00	19105,07	0,21103 €	14.133,13 €	12.088,36 €	2.044,77 €	15.760,01 €
18	87,25	18942,24	0,21800 €	14.599,52 €	12.487,27 €	2.112,25 €	17.872,26 €
19	86,50	18779,42	0,22519 €	15.081,31 €	12.899,35 €	2.181,95 €	20.054,21 €
20	85,75	18616,59	0,23262 €	15.578,99 €	13.325,03 €	2.253,96 €	22.308,17 €
21	85,00	18453,76	0,24030 €	16.093,10 €	13.764,76 €	2.328,34 €	24.636,51 €
22	84,25	18290,93	0,24823 €	16.624,17 €	14.219,00 €	2.405,17 €	27.041,68 €
23	83,50	18128,11	0,25642 €	17.172,77 €	14.688,22 €	2.484,54 €	29.526,22 €
24	82,75	17965,28	0,26488 €	17.739,47 €	15.172,93 €	2.566,53 €	32.092,76 €
25	82,00	17802,45	0,27362 €	18.324,87 €	15.673,64 €	2.651,23 €	34.743,98 €
26	81,25	17639,62	0,28265 €	18.929,59 €	16.190,87 €	2.738,72 €	37.482,70 €
27	80,50	17476,80	0,29198 €	19.554,27 €	16.725,17 €	2.829,10 €	40.311,80 €
28	79,75	17313,97	0,30162 €	20.199,56 €	17.277,10 €	2.922,46 €	43.234,26 €
29	79,00	17151,14	0,31157 €	20.866,14 €	17.847,25 €	3.018,90 €	46.253,15 €
30	78,25	16988,31	0,32185 €	21.554,73 €	18.436,20 €	3.118,52 €	49.371,68 €

Tabla 9. Tabla de amortización

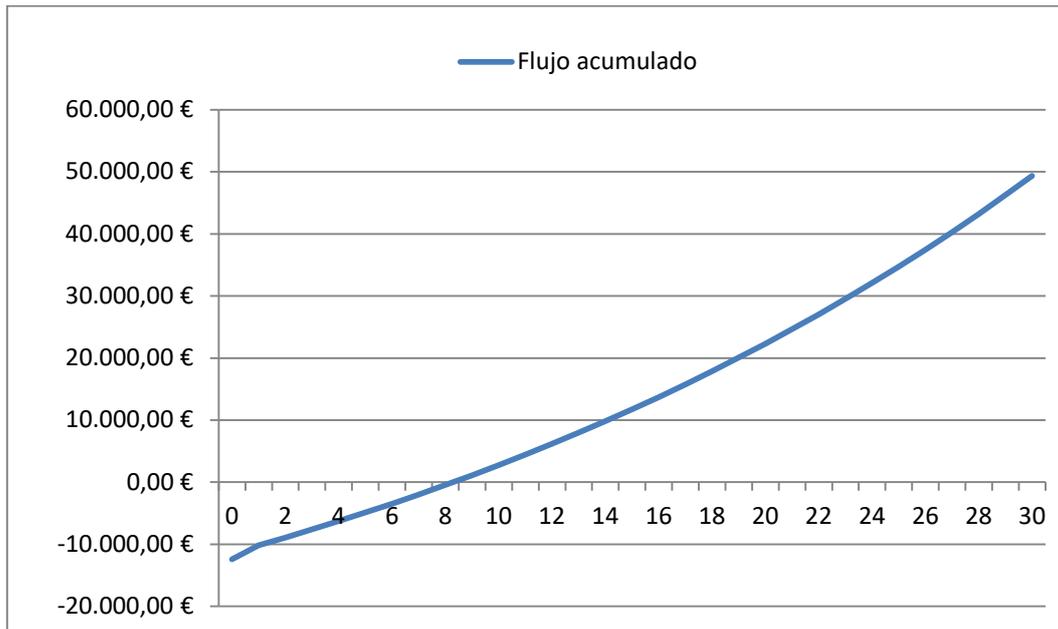


Ilustración 33. Gráfica del flujo acumulado

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 perdida.
- 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:

$$\text{VAN} = 28.830,92 \text{ €}$$

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:

$$TIR = 13,18 \%$$

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:

$$\text{Plazo de recuperación} = 8 \text{ años, } 3 \text{ meses y } 15 \text{ días}$$

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:

$$0.021465 \text{ €/kWh}$$

6. CONCLUSIONES

Se han analizado los datos del último año y se observa que la potencia contratada dista de la potencia demandada real y por tanto, se pagan excesos en cada periodo de facturación. Se recomienda realizar un estudio de optimización de potencia que ajuste los tres periodos. El cambio de los valores de potencia contratados se puede realizar una vez al año por si se aumenta o se reduce la demanda de potencia con el paso del tiempo.

Del estudio realizado resultan los valores de una futura contratación de P1 = 46 kW; P2 = 74 kW; P3 = 1 kW, que produciría un ahorro de 1.069,97€ en el siguiente año.

También se observa que no hay Energía Reactiva suficiente para haber penalizaciones económicas.

El coste de energía total en el periodo analizado fue de 8.406,85 €. El coste del termino de energía, con la instalación propuesta en funcionamiento hubiera sido de 7.190,55 €.

El ahorro anual producido en el primer año es de 2.577,15 € y de 1.256,43 € en los siguientes, obteniendo una media mensual de ahorro en la factura de 104,70 €.

La instalación constará de 45 módulos y una potencia de inversor de 12 kW.

El van es de 28.830,92 € y el TIR es del 13,18%, que como proyecto de inversión, son cifras ciertamente elevadas. La inversión se amortiza en 8 años, 3 meses y 15 días, lo cual es un periodo aceptable en comparación con el tamaño de la inversión.

Por tanto, se deduce que es una inversión muy recomendable y rápida de amortizar.

La inversión económica en un campo fotovoltaico exclusivamente para venta también es rentable. Las principales diferencias son que el coste total de la instalación fotovoltaica es normalmente menor en proporción y que el periodo de amortización se alarga debido al menor precio de venta de la energía comparado con el ahorro que se obtiene con autoconsumo.