

# ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE INSTALACIÓN SOLAR DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO

## 23,4 kWp

## LA CEROLLERA

FEBRERO DE 2020

REALIZADO POR

CARLOS MONTERO PABLO

Graduado en Ingeniería Electrónica y Automática  
Nº Colegiado COGITAR: 9691 - CMONTERO.PA@GMAIL.COM

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

## **Contenido**

<b>1. ANÁLISIS GENERAL DE LA FACTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b> .....	6
1.0. PARTES QUE COMPONEN LA FACTURA .....	6
1.1. TÉRMINO DE POTENCIA .....	6
1.2. TÉRMINO DE ENERGÍA .....	7
1.3. ENERGÍA REACTIVA .....	8
1.4. EQUIPOS DE MEDIDA Y OTROS SERVICIOS .....	9
1.5. COSTE DE LA FACTURA DE LA ELECTRICIDAD .....	10
1.6. CONSIDERACIONES DE MERCADO .....	10
<b>2.- OBJETO</b> .....	11
2.1. AUTOCONSUMO COMPARTIDO .....	12
<b>3.- ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	13
3.1. REPARTO ENTRE LOS SUMINISTROS .....	16
<b>4.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA</b> .....	17
4.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	18
4.2. INVERSORES SINUSOIDALES TRIFÁSICOS .....	19
4.3. RESULTADOS ENERGÉTICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA .....	20
<b>5.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN</b> .....	21
5.1. EVOLUCIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO .....	21
5.1.1. CUADRO DE AMORTIZACIÓN .....	22
5.1.2. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	23
5.1.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....	23
5.1.4. ANÁLISIS PAY-BACK .....	24
5.1.5. ANÁLISIS LCOE (Levelized Costs Of Energy) .....	24
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	25
<b>7.- PRESUPUESTO AUTOCONSUMO COMPARTIDO</b> .....	26
<b>8.- OPCIÓN 2: SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA</b> .....	28
<b>9.- PRESUPUESTO ACS</b> .....	29

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

# 1. ANÁLISIS GENERAL DE LA FACTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

## 1.0. 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.

### 1.1. 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 1. 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 maxímetro 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.

# INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

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.

## 1.2. 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

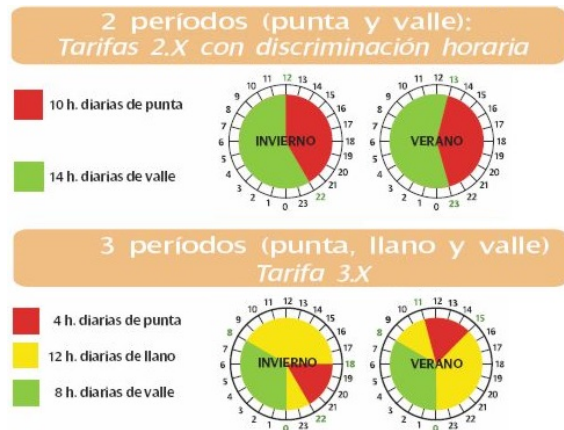


Ilustración 2. Discriminación horaria

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

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.

### 1.3. 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.

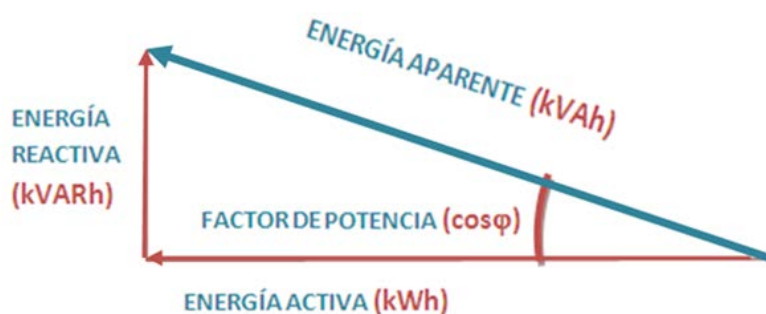


Ilustración 3. Triángulo de Potencias

#### ¿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.



## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

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 4. Ejemplos de baterías de condensadores

### 1.4. 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 5. 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**.

**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)**

### 1.5. 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 x 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 $\Phi$	Euro/kVArh
Cos $\Phi$ < 0,95 y hasta cos $\Phi$ = 0,80 . . . . .	0,041554
Cos $\Phi$ < 0,80 . . . . .	0,062332

**Ilustración 6. 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.

### 1.6. 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 sobre coste (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.

## 2.- OBJETO

El objeto de este informe es dimensionar el conjunto campo fotovoltaico – inversor/es óptimo con los datos registrados para los suministros pertenecientes a la localidad de La Cerollera (Teruel) mediante la instalación de un parque fotovoltaico para la generación de energía eléctrica y su posterior reparto para autoconsumo compartido entre las instalaciones de la localidad.



Ilustración 7. Ejemplo de instalación fotovoltaica sobre tejado

El tejado del pabellón municipal tiene una ubicación y orientación óptima para albergar una instalación fotovoltaica de este tipo debido a que está situado a menos de 500 m de la mayoría de suministros de la población. Así se indica en el “Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica” para permitir el reparto del autoconsumo compartido.

En la siguiente ilustración se observa el rango de 500 m desde las escuelas.

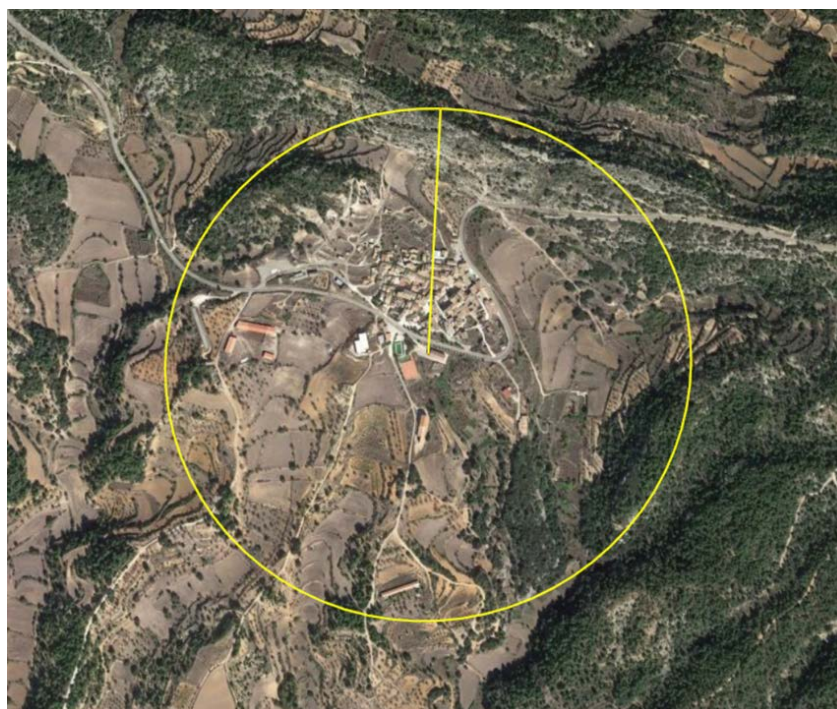


Ilustración 8. Rango de 500 m de radio desde el tejado

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

El objetivo final es reducir el consumo de electricidad obtenida de la red eléctrica de la mayoría de suministros eléctricos del municipio, sustituyéndola por energía procedente de energías renovables, en este caso solar, y así reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.



Ilustración 9. Pabellón municipal

### 2.1. AUTOCONSUMO COMPARTIDO

Se plantea un proyecto en la modalidad de autoconsumo compartido.

El autoconsumo compartido consiste en que la producción de energía eléctrica por medio de los módulos fotovoltaicos durante las horas de sol, es vertida a la red para luego ser aprovechada en distintos suministros del municipio a través de unos porcentajes previamente asignados.

En estos suministros se consume toda o parte de esta energía asignada y el resto se compensa en la factura individualmente hasta un mínimo de 0€ en el término de energía.



Ilustración 10. Ubicación de la instalación propuesta

### 3.- ANÁLISIS DE DATOS

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.

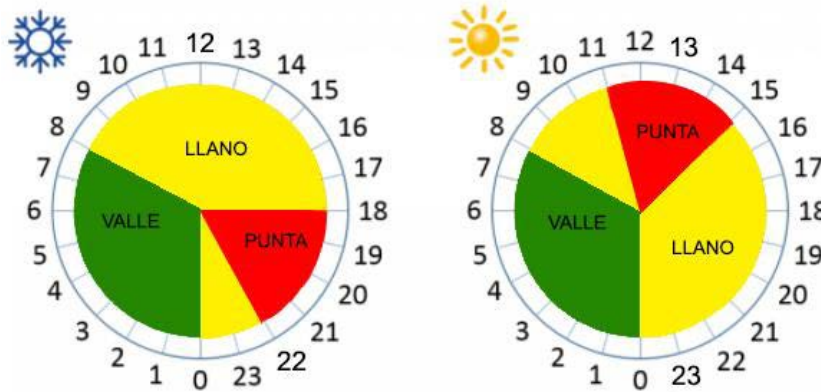


Ilustración 11

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

Distribución de consumo total por periodos en %: [kWh]

#### DISTRIBUCIÓN CONSUMOS PUNTA, LLANO Y VALLE

■ P1 ■ P2 ■ P3

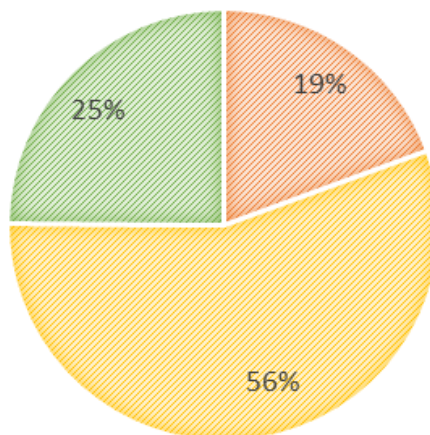


Ilustración 12. Distribución de consumo

**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)**

Distribución de consumo total por periodos: [kWh]

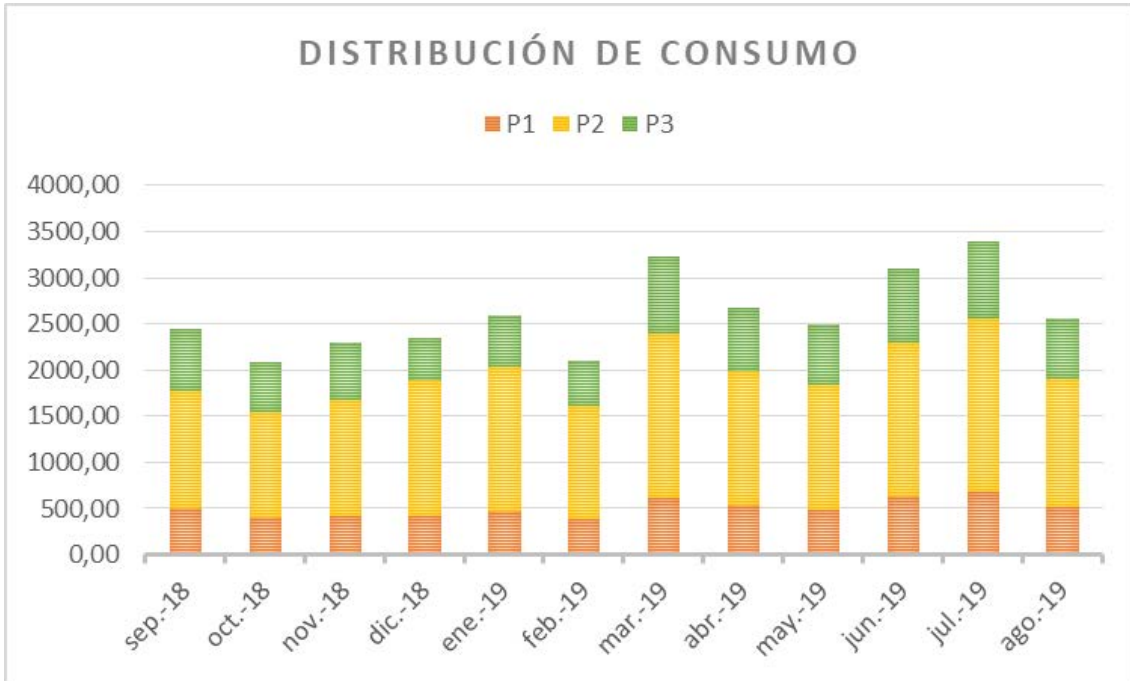


Ilustración 13. Distribución de consumo total

Se puede apreciar en la gráfica que prácticamente se consume todo el grueso de la energía en periodo 2. Esto es ideal para el planteamiento de una instalación fotovoltaica, que disminuirá el consumo en P1 y P2.

Por tanto, con los datos estimados, se determinan los siguientes costes:

CENTRO SOCIAL (solamente):

COSTES EN EL TERMINO DE ENERGÍA EN EL ÚLTIMO AÑO:

<b>TOTAL [kWh]</b>	<b>6.079,00</b>	<b>17.463,00</b>	<b>7.790,00</b>	<b>31.332,00</b>
<b>%</b>	<b>19</b>	<b>56</b>	<b>21</b>	<b>100,00</b>
Precio medio kWh	0,1182266 €	0,1037083 €	0,0793450 €	
€ por periodo	718,70€	1.811,06 €	618,10 €	<b>3.047,86 €</b>

Tabla 1. Análisis económico de consumo

**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)**

El listado de suministros que tomarían parte del reparto de la instalación fotovoltaica sería:

	PCONTRATADA	P(DERECHOS/ BOLETIN)	CONSUMO ANUAL			
			PUNTA	LLANO	VALLE	TOTAL
ES0189000024010006YA	5,75	7,36	2361			
ES0189000024010051PW	2,2KW	3,3kW			1246	869
ES0189000024010078DY	2,3Kw	10,78kW	275			275
ES0189000024010109XZ	6,9kW	14,00kW	3497		1744	1753
ES0189000024010111XQ	4,6kW	13,11KW	252			252
ES0189000024010114XL	3,45kw	9,2kW	1067			1067
ES0189100000017523SS	5,75kW	9,2kW	2931		1587	1344
ES0189100000017857FG	2,3kW	3,45	440		612	1052
ES0189100000018267WT	5,75kW	9,2kW	77		404	481
ES0189100000018378YL	4,6kW	5,75kW	246		824	1070
ES0189000024020001AQ	9,96	14,6kW	5789			5789
ES0189000024010082DX	2,3	2,3kW	31		17	48
ES0189000024010093DK	9,2	9,2	914		1442	2356
ES0189000024020028GC	10,39	10,39	954		1321,00	2275
ES0189000024030002RN	13,86	13,86	5960		17424	23384
ES0189000024340006RE	2/15/19	31,50	14,00	47,00	16224,00	16285
ES0189000024020007AE	10,39	22,14	394		470	864
ES0189000024340009WW	11/13/15,01	55	6.079,00	17.463,00	7.790,00	31.332,00
			<b>PUNTA</b>	<b>LLANO</b>	<b>VALLE</b>	<b>TOTAL</b>
			<b>25.202,00</b>	<b>17.510,00</b>	<b>16.224,00</b>	<b>90.496,00</b>

**SUMINISTROS ELEGIDOS:**

	SUMINISTRO	PUNTA	LLANO	VALLE	TOTAL
AYUNTAMIENTO DE LA CEROLLERA	ES0189000024010006YA	2361			2361
AYUNTAMIENTO - ALMACÉN	ES0189000024010051PW			1246	869
AYUNTAMIENTO - PISCINA	ES0189000024020001AQ	5789			5789
AYUNTAMIENTO - CONSULTORIO MÉDICO	ES0189000024010093DK	914		1442	2356
AYUNTAMIENTO - COLEGIO	ES0189000024020028GC	954		1321,00	2275
AYUNTAMIENTO - ALUMBRADO PÚBLICO	ES0189000024030002RN	5960		17424	23384
AYUNTAMIENTO - AGUAS	ES0189000024340006RE	14,00	47,00	16224,00	16285
AYUNTAMIENTO - HOSTAL	ES0189000024340009WW	6.079,00	17.463,00	7.790,00	31.332,00

Listado:

- 1) OFICINAS
- 2) ALMACÉN
- 3) PISCINAS
- 4) COLEGIO
- 5) ALUMBRADO PÚBLICO
- 6) AGUAS
- 7) HOSTAL

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

Añadir que los cuadros de alumbrado público consumen energía de la red durante horas no solares, por tanto, nunca va a consumir energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos y por eso se descarta en este tipo de aplicaciones.

### 3.1. REPARTO ENTRE LOS SUMINISTROS

El reparto del 100% de la energía eléctrica generada por la instalación entre los suministros de la lista deberá analizarse en mayor profundidad y concretando cada detalle particular.

La siguiente ilustración muestra un ejemplo, a falta de la adición o sustracción de otros suministros, de cómo podría quedar el reparto aproximadamente, basándonos en los consumos anuales registrados en años anteriores:

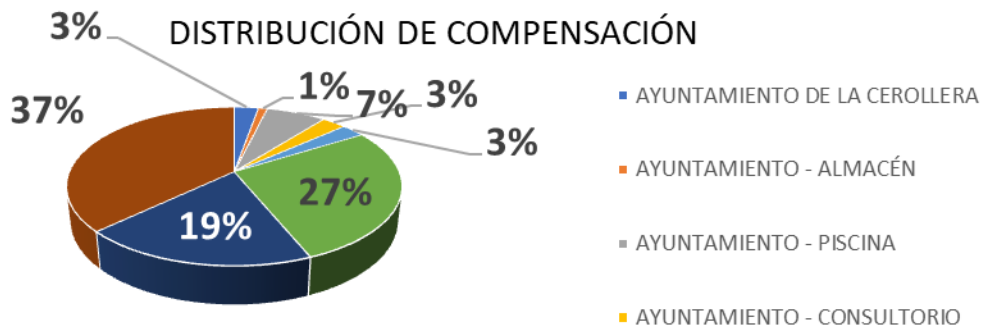


Ilustración 14. Reparto de energía



## 4.- INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA

La instalación fotovoltaica 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	72
Potencia de los módulos [Wp]	325
Potencia pico instalada en el campo generador [Wp]	23.400
Potencia nominal del inversor de la instalación [kW]	20

Tabla 2. Instalación FV propuesta

La instalación propuesta es modular. Para ello consta de un inversor de 20 kW alimentado independientemente por un campo fotovoltaico de 72 módulos fotovoltaicos, incluyendo la posibilidad de aumentar esta instalación en un futuro si se considerara rentable.

La potencia de campo fotovoltaico total es de 23.400 Wp.

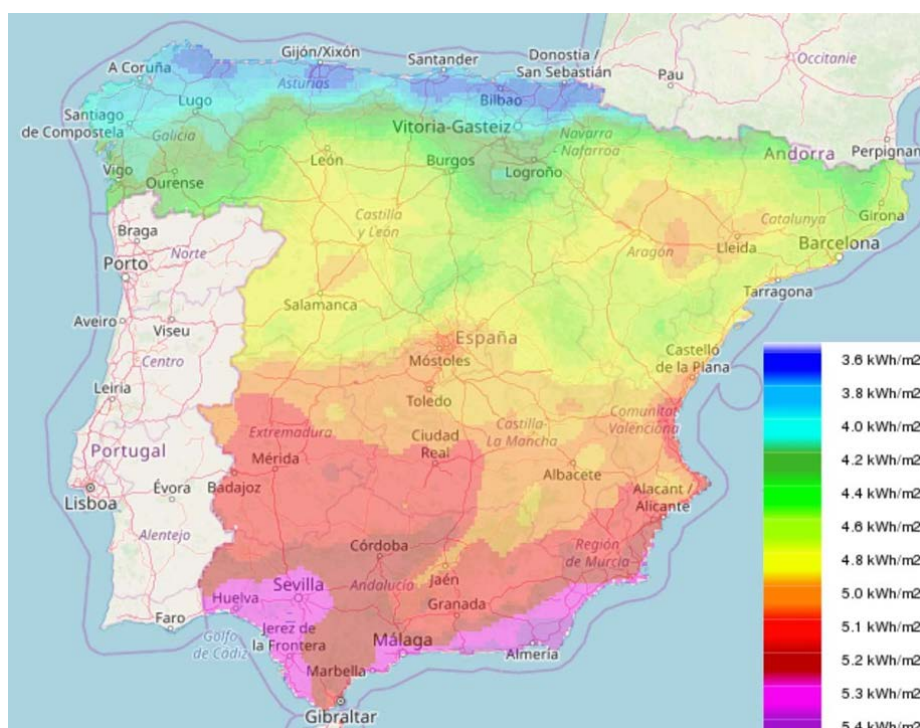


Ilustración 15. Distribución de radiación en España

## 4.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Potencia nominal	$P_{MPP}$	325	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	-

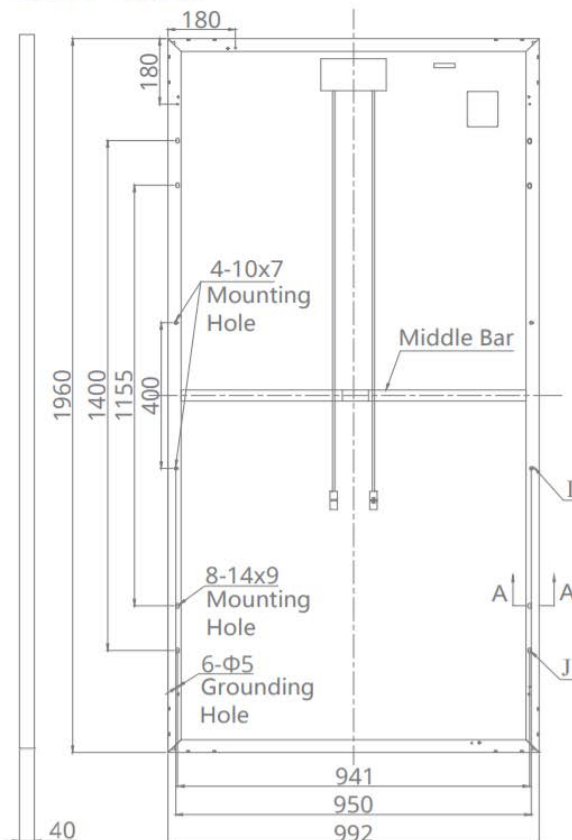
Tabla 3. Características eléctricas módulos fotovoltaicos

Características físicas:

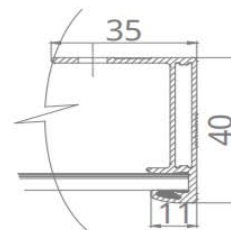
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	UNIDAD
Dimensiones (Largo x Ancho x Espesor)	1960x992x40	mm
Masa	22.4	Kg

Tabla 4. Características físicas módulos fotovoltaicos

### Rear View



### Frame Cross Section A-A



### Mounting Hole

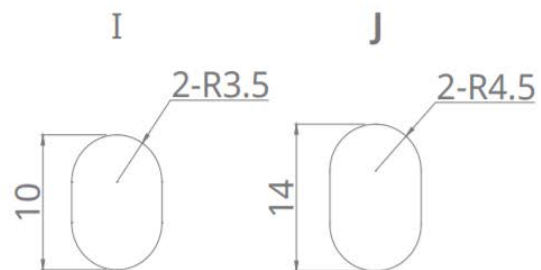


Ilustración 16. Cotas del panel fotovoltaico

## 4.2. 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
- Este 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.

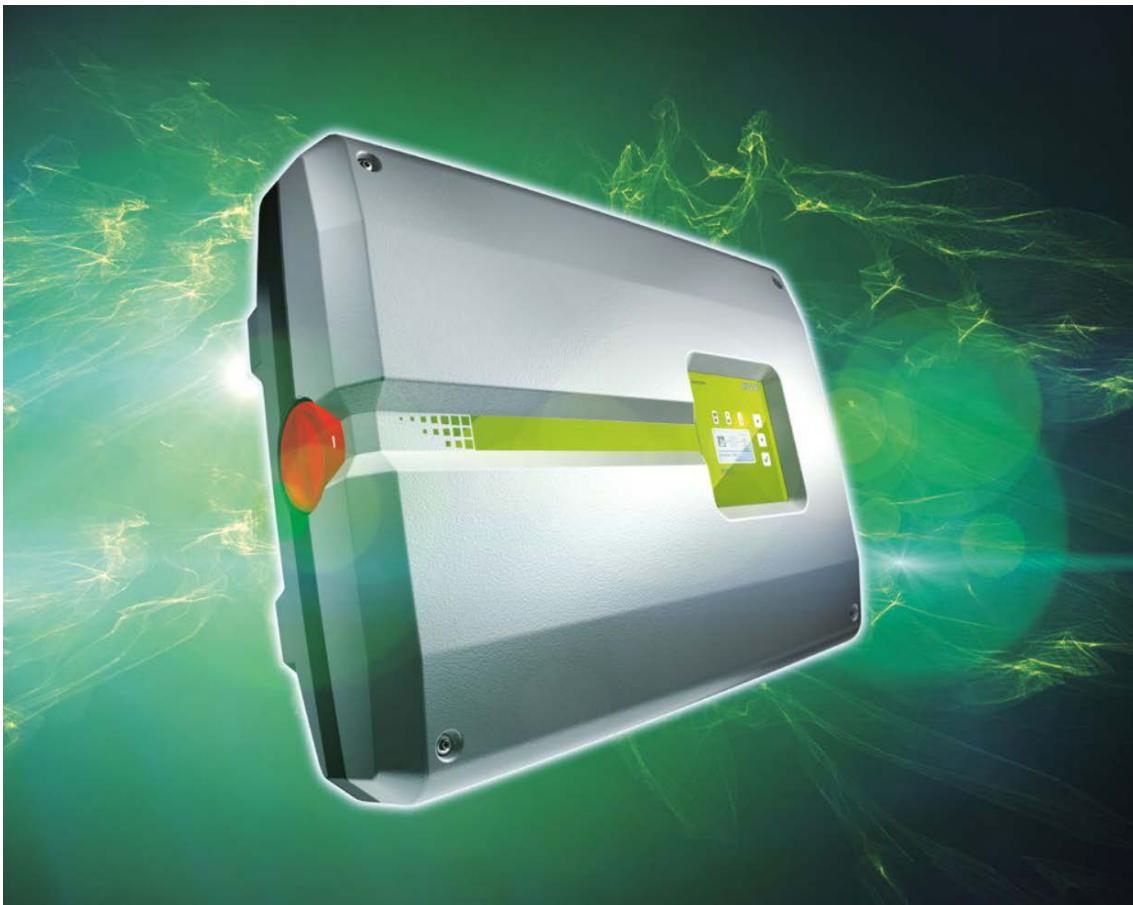


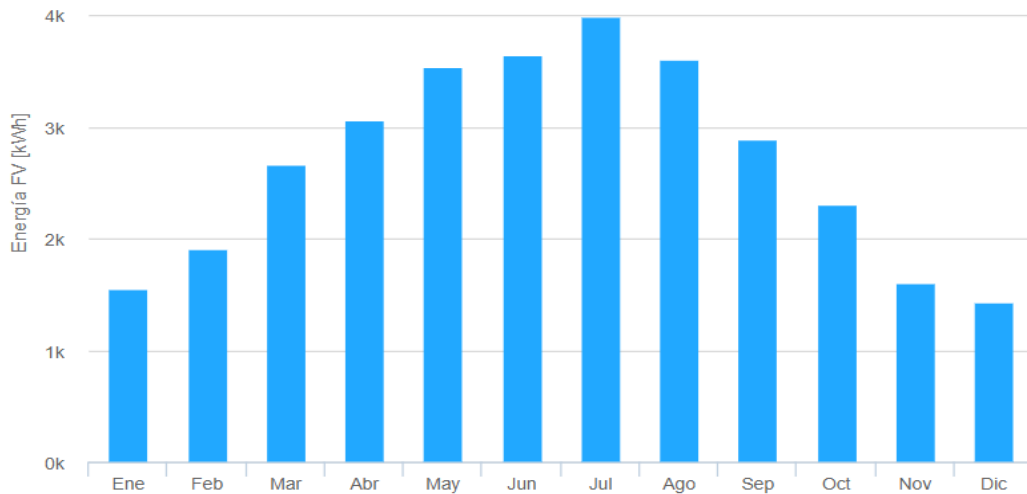
Ilustración 17. Inversor referente

### 4.3. RESULTADOS ENERGÉTICOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PROPUESTA

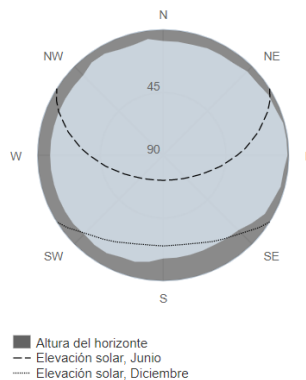
Estos son los resultados energéticos de la instalación propuesta según la base de datos internacional PVGIS. Estos datos son tomados como referencia para el cálculo del rendimiento de la instalación.

Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	10
Ángulo de azimut [°]:	0
Producción anual FV [kWh]:	32232.5
Irradiación anual [kWh/m <sup>2</sup> ]:	1794.47
Variación interanual [kWh]:	856.21
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-3.05
Efectos espectrales [%]:	0.86
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-7.14
Pérdidas totales [%]:	-21.9

**Ilustración 18. Datos PVGIS**



**Ilustración 19. Distribución de producción mensual**



**Ilustración 20. Perfil de horizonte**

## 5.- ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

El sector fotovoltaico posee unas condiciones actuales muy positivas y desde hace relativamente poco.

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, muy difícil su viabilidad.

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).

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 incluso hace 3-4 años.

### 5.1. EVOLUCIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO

Como se ha indicado anteriormente, hay un elevado número de suministros implicados que poseen una gran variabilidad en el conjunto de casuísticas de cada uno. Se ha estimado para la realización del estudio económico de manera conservadora, que se obtendrá solamente, un ahorro económico (impuestos incluidos) de un 50% del término de energía de la factura de cada suministro de media. Aunque las expectativas reales sean superiores, se prefiere tomar como referencia un punto de vista conservador.

Con el funcionamiento normal de la instalación, se estiman los siguientes ahorros en el término de energía dejando de adquirir gran parte de la energía procedente de la red:

AHORRO EN LA FACTURA ELÉCTRICA		
TERMINO DE ENERGÍA	Ahorro por energía consumida	2.667,91 €
I.E.E.	Ahorro impuesto especial de electricidad	136,91 €
<b>TOTAL AHORRO ANUAL</b>		<b>2.804,82 €</b>
<b>TOTAL AHORRO ANUAL (IVA incl.)</b>		<b>3.393,84 €</b>
<b>TOTAL AHORRO MENSUAL MEDIO (IVA incl.)</b>		<b>282,79 €</b>

Tabla 5

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

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, para este cálculo, en torno a 1 € sin IVA.

### 5.1.1. CUADRO DE AMORTIZACIÓN

Determinamos la energía aprovechada 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	0	0	0,00 €	-25.000,00 €	-25.000,00 €
1	100,00	79300,00	0,113300	3.393,84 €	3.393,84 €	-21.606,16 €
2	99,25	78705,25	0,117832	3.504,14 €	3.504,14 €	-18.102,02 €
3	98,50	78110,50	0,122545	3.618,02 €	3.618,02 €	-14.484,00 €
4	97,75	77515,75	0,127447	3.735,61 €	3.735,61 €	-10.748,39 €
5	97,00	76921,00	0,132545	3.857,02 €	3.857,02 €	-6.891,37 €
6	96,25	76326,25	0,137847	3.982,37 €	3.982,37 €	-2.909,00 €
7	95,50	75731,50	0,143361	4.111,80 €	4.111,80 €	1.202,80 €
8	94,75	75136,75	0,149095	4.245,43 €	4.245,43 €	5.448,23 €
9	94,00	74542,00	0,155059	4.383,41 €	4.383,41 €	9.831,64 €
10	93,25	73947,25	0,161261	4.525,87 €	4.525,87 €	14.357,51 €
11	92,50	73352,50	0,167712	4.672,96 €	4.672,96 €	19.030,47 €
12	91,75	72757,75	0,174420	4.824,83 €	4.824,83 €	23.855,30 €
13	91,00	72163,00	0,181397	4.981,64 €	4.981,64 €	28.836,93 €
14	90,25	71568,25	0,188653	5.143,54 €	5.143,54 €	33.980,47 €
15	89,50	70973,50	0,196199	5.310,71 €	5.310,71 €	39.291,18 €
16	88,75	70378,75	0,204047	5.483,30 €	5.483,30 €	44.774,48 €
17	88,00	69784,00	0,212209	5.661,51 €	5.661,51 €	50.435,99 €
18	87,25	69189,25	0,220697	5.845,51 €	5.845,51 €	56.281,50 €
19	86,50	68594,50	0,229525	6.035,49 €	6.035,49 €	62.316,99 €
20	85,75	67999,75	0,238706	6.231,64 €	6.231,64 €	68.548,63 €
21	85,00	67405,00	0,248254	6.434,17 €	6.434,17 €	74.982,80 €
22	84,25	66810,25	0,258184	6.643,28 €	6.643,28 €	81.626,08 €
23	83,50	66215,50	0,268512	6.859,19 €	6.859,19 €	88.485,27 €
24	82,75	65620,75	0,279252	7.082,11 €	7.082,11 €	95.567,38 €
25	82,00	65026,00	0,290422	7.312,28 €	7.312,28 €	102.879,66 €
26	81,25	64431,25	0,302039	7.549,93 €	7.549,93 €	110.429,59 €
27	80,50	63836,50	0,314121	7.795,30 €	7.795,30 €	118.224,89 €
28	79,75	63241,75	0,326686	8.048,65 €	8.048,65 €	126.273,54 €
29	79,00	62647,00	0,339753	8.310,23 €	8.310,23 €	134.583,77 €
30	78,25	62052,25	0,353343	8.580,31 €	8.580,31 €	143.164,09 €

Tabla 6

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)



Ilustración 21

### 5.1.2. 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:

$$\text{VAN} = 67.757,54 \text{ €}$$

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

### 5.1.3. 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).

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)

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:

$$TIR = 16,46 \%$$

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

### 5.1.4. 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:

$$\text{Plazo de recuperación} = 6 \text{ años, } 8 \text{ meses y } 15 \text{ días}$$

### 5.1.5. 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:

$$0.024118 \text{ €/kWh}$$



## 6. CONCLUSIONES

El ahorro anual producido es de 3.393,84 €, obteniendo una media mensual de ahorro en la factura de 282,82 €.

La instalación constará de 72 módulos y una potencia de inversor de 20 kW. Se deberá dividir en tres líneas de módulos fotovoltaicos a lo largo del tejado, cubriendo la totalidad de la vertiente suroeste.

El van es de 67.575,54 € y el TIR es del 16,46%, que como proyecto de inversión, son cifras ciertamente elevadas. La inversión se amortiza en 6 años, 8 meses y 15 días, lo cual es un periodo realmente corto en comparación con el tamaño de la inversión.

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

**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)**

## **7.- PRESUPUESTO AUTOCONSUMO COMPARTIDO**

PEM (sin IVA):

<b>Num.</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>1.1.- módulos fotovoltaicos y soportacion</b>					
1.1.1	UD	Paneles fotovoltaicos marca Canadian Solar o similar de 330 w de potencia y una tolerancia de +/- 3% con una garantía de producción de 25 años y fabricación de 10 años, totalmente instalados y conectados.	72,000	144,00	10.368,00
1.1.2	UD	Kit para tejado de 64 paneles en estructura de aluminio de alta resistencia ensamblada mediante tornillería de acero inoxidable y tornillería autotala-drante zinc-niquelada con 1000 horas en cámara de niebla salina.	72,000	101,66	7.319,52
<b>Total 1.1.- cap01 módulos fotovoltaicos y soportacion:</b>					<b>17.687,52</b>
<b>1.2.- cableado y canalizaciones</b>					
1.2.1	m	Circuito cableado C.C. con conductor 6 mm y conexiones con conectores multicontac, realizando las series necesarias entre paneles y protecciones de C.C.	50,000	12,25	612,50
1.2.2	m	Circuito cableado C.C. con conductor 16 mm y conexionado a inversor	20,000	15,13	302,60
<b>Total 1.2.- cap02 cableado y canalizaciones:</b>					<b>915,10</b>
<b>1.3.- Inversor</b>					
1.3.1	UD	Cuadro de control con inversor para autoconsumo de 17 kW Huawei o similar, instalación y configuración incluida.	1,000	2.845,00	2.845,00
<b>Total 1.3.- cap03 Inversor:</b>					<b>2.845,00</b>
<b>1.4.- Evacuación y Medida</b>					
1.4.1	UD	Diseño, montaje, instalación y conexión del cuadro incluidos.	1,000	832,21	832,21
<b>Total 1.4.- cap04 Evacuación y Medida:</b>					<b>832,21</b>
<b>1.5.- puesta a tierra y protecciones</b>					
1.5.1	UD	Cuadro de protección de series mediante fusibles 10x38mm de 15A, con seccionamiento para cada serie.	1,000	192,17	192,17
1.5.2	UD	Puesta a tierra de estructura y paneles, además de VFD.	1,000	100,00	100,00
<b>Total 1.5.- cap05 puesta a tierra y protecciones:</b>					<b>292,17</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 1:</b>					<b>22.572,00</b>

**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO**  
**EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)**

**RESUMEN DE PRESUPUESTO (SIN IVA)**

**Resumen de presupuesto**

<b>Capítulo</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>1</b>	
1.1 modulos fotovoltaicos y soportacion .....	17.687,52
1.2 cableado y canalizaciones .....	915,10
1.3 Inversor .....	2.845,00
1.4 Evacuación y Medida .....	832,21
1.5 puesta a tierra y protecciones .....	292,17
<b>Total 1 .....</b>	<b>22.572,00</b>
<hr/>	
<b>2 Honorarios técnicos</b>	
2.1. Redacción de proyecto.....	954,48€
2.2. Dirección Facultativa de la Obra.....	668,13€
2.3. Estudio técnico de Seguridad y Salud.....	286,34€
<b>Total.....</b>	<b>1.908,95€</b>
<hr/>	
Total (sin IVA).....	24.480,95€
IVA.....	5.140,99€
<b>TOTAL.....</b>	<b>29.621,94€</b>

En La Cerollera, a enero de 2020

Firmado:



CARLOS MONTERO PABLO. Nº Colegiado COGITIAR 9691  
Graduado en Ingeniería Electrónica y Automática.  
eMail: cmontero.pa@gmail.com

## 8.- OPCIÓN 2: SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Debido a la gran necesidad de nuevo suministro de depósito de ACS y la posibilidad de compensarlo con Solar Fotovoltaica, calculamos una instalación aislada con fotovoltaica, en el Hostal.

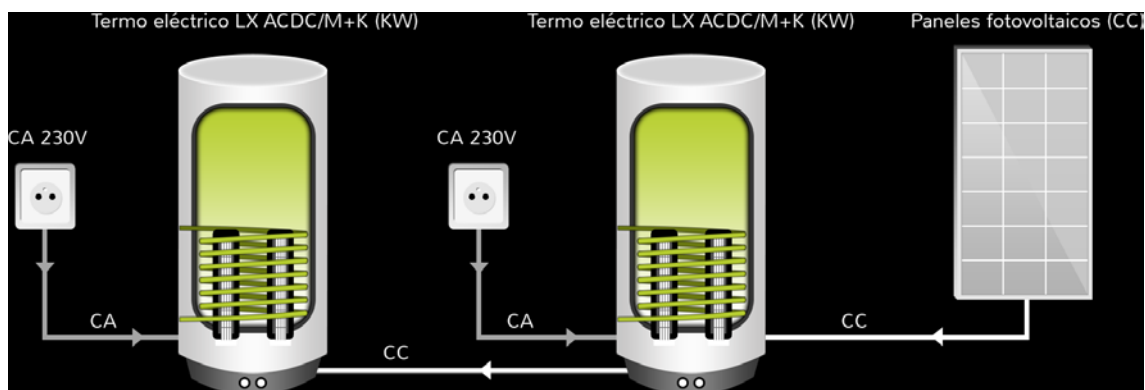


Ilustración 22. Esquema ACS

El sistema propuesto funcionaría de la siguiente forma:

El acumulador se va cargando o descargando en función del balance obtenido entre producción y consumo energético. En caso de que el acumulador se descargue hasta el valor de activación de Corriente Alterna, se inyectará energía de la red, y en el caso de que el depósito esté cargado a su nivel máximo de energía acumulable, se desconectará el sistema fotovoltaico.

En ese marco demostrativo concreto, ESTE TIPO DE INSTALACIÓN monitoriza lo siguiente:

El estado de carga del acumulador para cada hora del año, mostrando en qué momentos se carga o se descarga, cuándo se inyecta energía de la red o cuándo se desecha producción fotovoltaica, entre otros valores.

**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)**

**9.- PRESUPUESTO ACS**

Descripción	Precio	Unidades	Total
<b>Descripción:</b> -Interacumulador acero ST 32-2. -Conexión para apoyo eléctrico. -Aislamiento desmontable. -Doble capa de esmalte vitrificado. -Ánodo de magnesio para protección anticorrosiva. -Serpentín vitrificado colocado en la parte baja del acumulador para mantener un calentamiento rápido y mantener una producción continua y elevada.	1.375,00€	2	2.750€
Paneles fotovoltaicos marca Canadian Solar o similar 330W de potencia con tolerancia +/- 3% con una garantía de producción de 25 años y de fabricación 10 Años	147,00€	12	1764,00€
Estructura de aluminio de alta resistencia ensamblada en cubierta de forma coplanar, con tornillería inoxidable	88,66€	12	1.063,92€
Cableado de conductor de 6mm con conductores multicontac, realizando series para corriente continua c.c. Circuito cableado C.C. con conductor de 16mm, y conexionado al inversor.	356,00€	1	356,00€
Cuadro de control inversor de 3Kw Huawei	1256,00€	1	1256,00€
Puesta a tierra, y cuadro de protección de series con fusibles.	352,00€	1	352,00€
Instalación y conexiones de los interacumuladores	300,00€	1	300,00€
<b>TOTAL</b>			<b>7.841,92€</b>
<b>21% IVA</b>			<b>1.646,80€</b>
<b>TOTAL CON IVA</b>			<b>9.488,72€</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a:

**NUEVE MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y OCHO CON SETENTA Y DOS EUROS**

**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO**  
**EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE LA CEROLLERA (TERUEL)**

---

En La Cerollera, a enero de 2020

Firmado:

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

**CARLOS MONTERO PABLO. Nº Colegiado COGITIAR 9691**  
**Graduado en Ingeniería Electrónica y Automática.**  
**eMail: cmontero.pa@gmail.com**