

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

**30,875 kWp**

**MONROYO**

MARZO 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 MONROYO (TERUEL)

---

## Contenido

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

INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO  
EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE MONROYO (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 MONROYO (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 MONROYO (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.

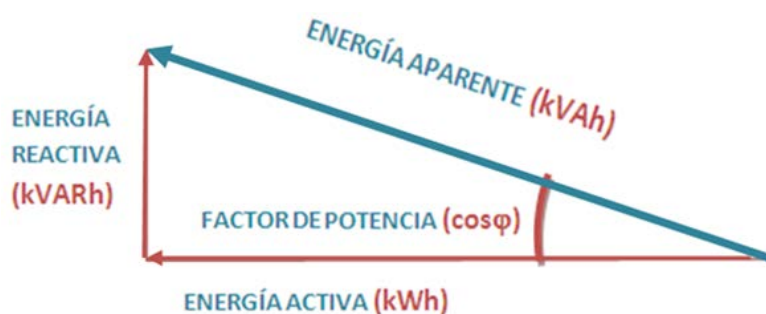


Ilustración 3. Triángulo de Potencias

#### ¿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 MONROYO (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 MONROYO (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 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.

## 2.- OBJETO

El objeto de este informe es, por un lado, dimensionar el conjunto campo fotovoltaico – inversor/es óptimo con los datos registrados en el último año y por otro, estimar el ahorro económico que se va a producir en el Ayuntamiento de **Monroyo** mediante la instalación de un parque fotovoltaico para la generación de energía eléctrica y su posterior autoconsumo compartido entre los suministros en propiedad de la localidad.



Ilustración 7. Ejemplos de instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo compartido realizadas

El polideportivo municipal tiene una ubicación óptima para albergar una instalación fotovoltaica de este tipo. Esto es debido a que está situado a menos de 500 m de la mayoría de suministros de la población como 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.

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

Para permitirse el autoconsumo compartido, debe cumplirse alguna de estas condiciones:



Ilustración 8. Condiciones para el autoconsumo compartido

En la siguiente ilustración se observa el alcance de la circunferencia de rango 500 m partiendo desde el pabellón municipal.



Ilustración 9. Rango de 500 m de radio desde el pabellón municipal

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

El objetivo de esta instalación fotovoltaica es reducir el consumo de electricidad obtenida de la red eléctrica del mayor número posible de suministros del municipio. De esta manera se sustituye la energía procedente de la red por energía procedente de energías renovables, en este caso solar, reduciendo así, las emisiones de CO2 a la atmósfera del municipio.

### INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Se plantea un proyecto en la modalidad de autoconsumo compartido.

El autoconsumo compartido consiste en el reparto de la producción de energía eléctrica generada mediante módulos fotovoltaicos durante las horas de sol, siendo después aprovechada en distintos suministros del municipio a través de unos porcentajes de reparto previamente asignados.

En estos suministros se consume toda o parte de esta energía asignada mediante el porcentaje y el excedente se compensa en cada factura individualmente con un mínimo de 0€ en el término de energía.

La instalación fotovoltaica iría ubicada en:

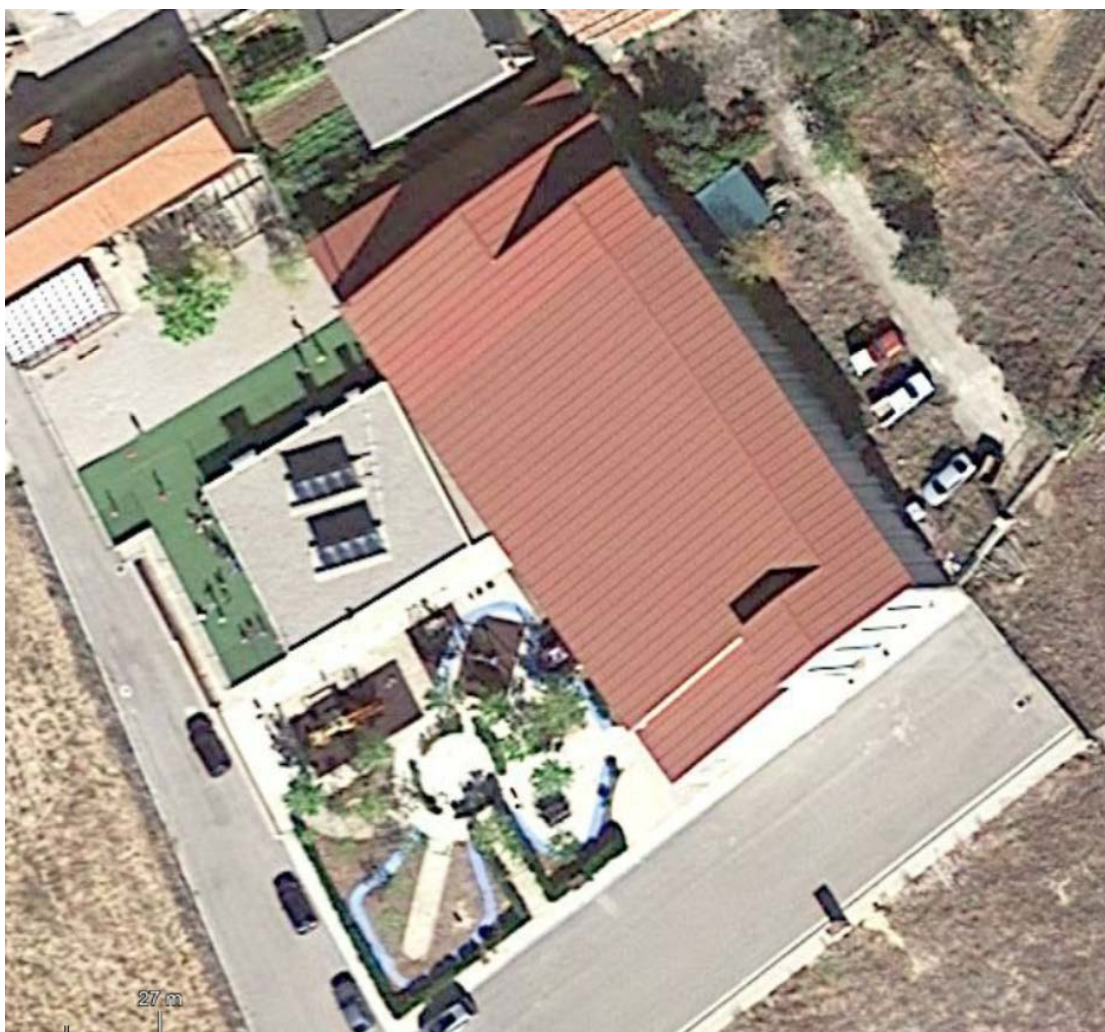


Ilustración 10. Ubicación de la instalación fotovoltaica

### 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.

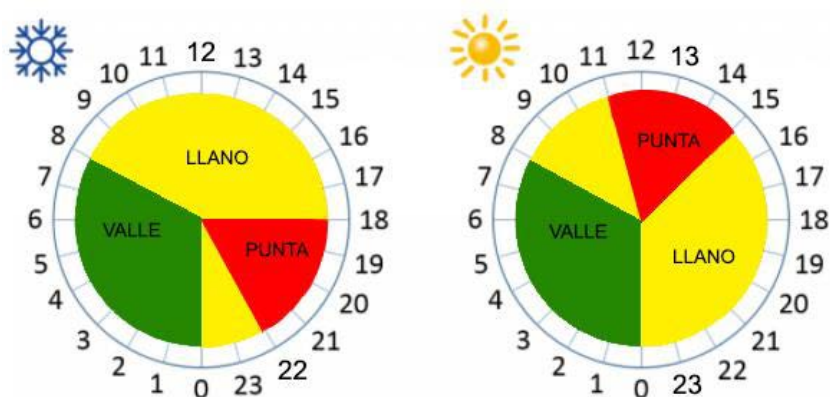


Ilustración 11. Horario en tarifa 3.0

#### 3.1. LISTADO DE SUMINISTROS

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

**MUSEO**

**CASA FORESTAL**

**OFICINAS AYUNTAMIENTO**

**GUARDERÍA**

**CENTRO DE DIA**

**PISCINAS**

**SALÓN CULTURAL**

**ALMACÉN-CENTRO BTT**

**RELOJ**

**CASA MÉDICO**

**CL MESÓN 2**

**CL SAN ROQUE**

**GRUPO ESCOLAR**

**BIBLIOTECA**

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

Añadir que el alumbrado público consume energía de la red durante horas en las que no hay producción solar, por tanto, nunca va a consumir directamente la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos y por eso se descarta en este tipo de aplicaciones.

El reparto del 100% de la energía eléctrica generada por la instalación entre los suministros aptos de la lista deberá analizarse en mayor profundidad, concretando cada detalle particular y haciéndose los ajustes necesarios, además de adaptarse con el tiempo y la experiencia una vez la instalación esté en funcionamiento.

En la siguiente ilustración muestra un ejemplo de cómo, aproximadamente, quedará el reparto:

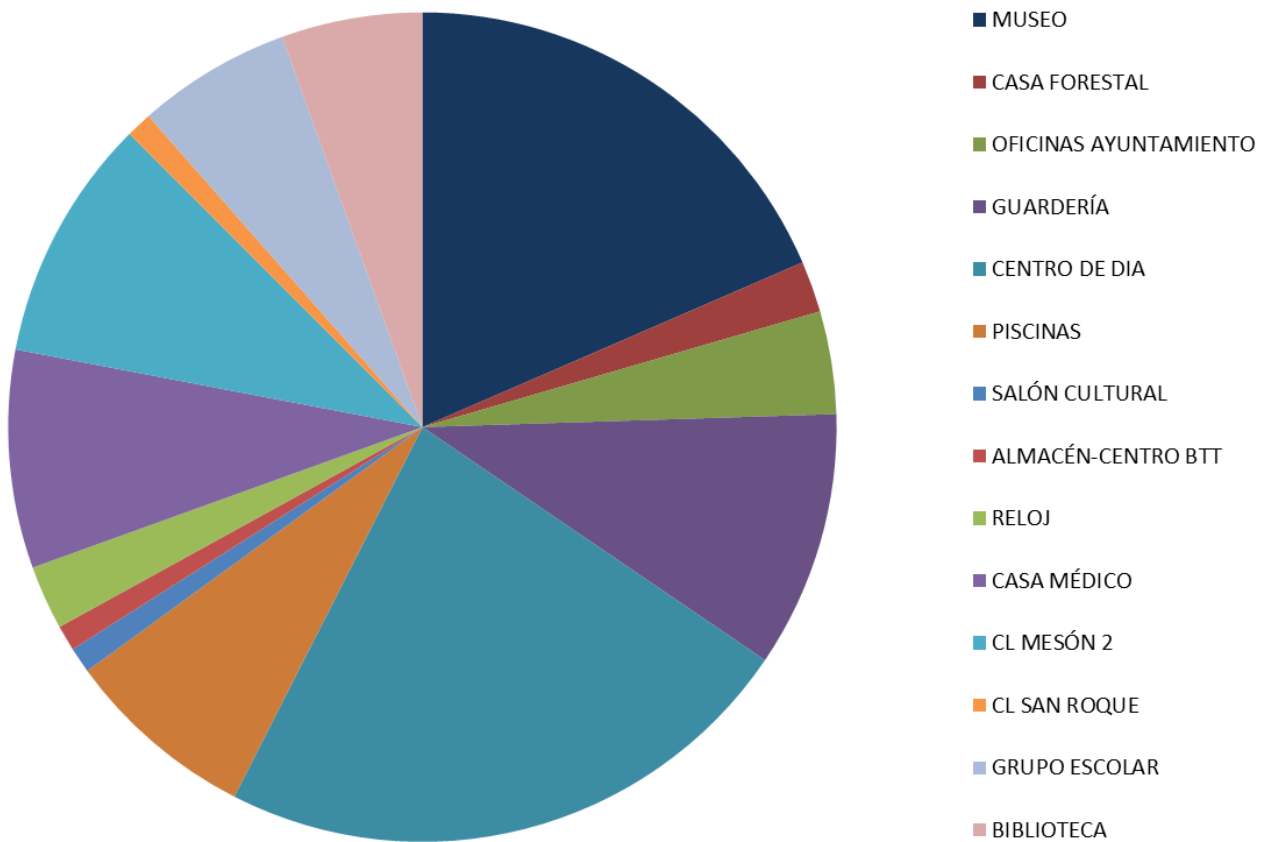


Ilustración 12. Reparto de la energía procedente de la instalación

Con esta instalación se va a ahorrar en una serie de suministros pertenecientes al ayuntamiento. En base a los datos registrados en estos suministros, se han obtenido las siguientes cantidades.

El conjunto analizado de suministros de la localidad consumen aproximadamente de la red una media de:

kWh mensuales	Total kWh anuales
3.430	41.171

Tabla 1. Consumo del conjunto de suministros

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

---

Con su precio medio correspondiente de €/kWh consumido, se obtienen **4.925,01 €** de **gasto anual** solamente en el término de energía en estos suministros. A esta cantidad hay que añadirle el IEE (5,11269632%) y a esa cifra, sumarle el IVA (21%). El total con impuestos incluidos, es de **6.263,93 €**.

La mayoría de los suministros analizados son 2.0 y algunos presentan patrones de consumo con una alta variabilidad. Esto hace que sea difícil prever con exactitud cuanta energía se va a aprovechar realmente con el reparto, si habrá consumo en cada hora durante el periodo solar o si el grueso del consumo se producirá por la noche.

Naturalmente, debido a la variabilidad del perfil de consumo de los suministros, no se podrá aprovechar el 100% de la energía generada durante las horas solares y los excedentes serán compensados de manera individual en la factura con el límite de pagar hasta 0 € por el termino 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	95
Potencia de los módulos [Wp]	325
Potencia pico instalada en el campo generador [Wp]	30.875
Potencia nominal del inversor de la instalación [kW]	33

Tabla 2. Instalación FV propuesta

La instalación propuesta consta de un inversor de 33 kW alimentado por un campo fotovoltaico de 95 módulos fotovoltaicos de 325 Wp que estarán distribuidos en 5 series de 19 paneles cada una.

La potencia de campo fotovoltaico instalada total es de 30.875 Wp.

La distribución de los módulos se haría en el tejado principal del Pabellón con orientación suroeste y comenzando la distribución por la parte baja cubriendo la superficie de forma coplanaria.

Con esta propuesta el inversor necesitaría 2 entradas MPPT pero siempre se recomienda el mayor número posible para que la producción se vea comprometida lo mínimo posible antes una situación de fallo o sombra de panel.

La instalación propuesta en la ubicación será capaz de proporcionar anualmente los siguientes valores de energía en kWh:

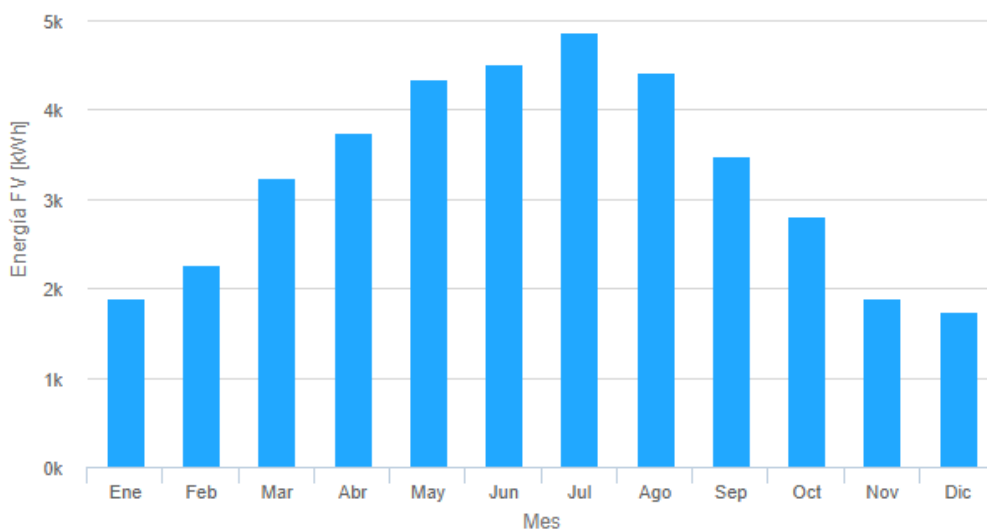


Ilustración 13. Producción anual fotovoltaica

La potencia de campo fotovoltaico total es de 38.557 Wp.



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

### 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

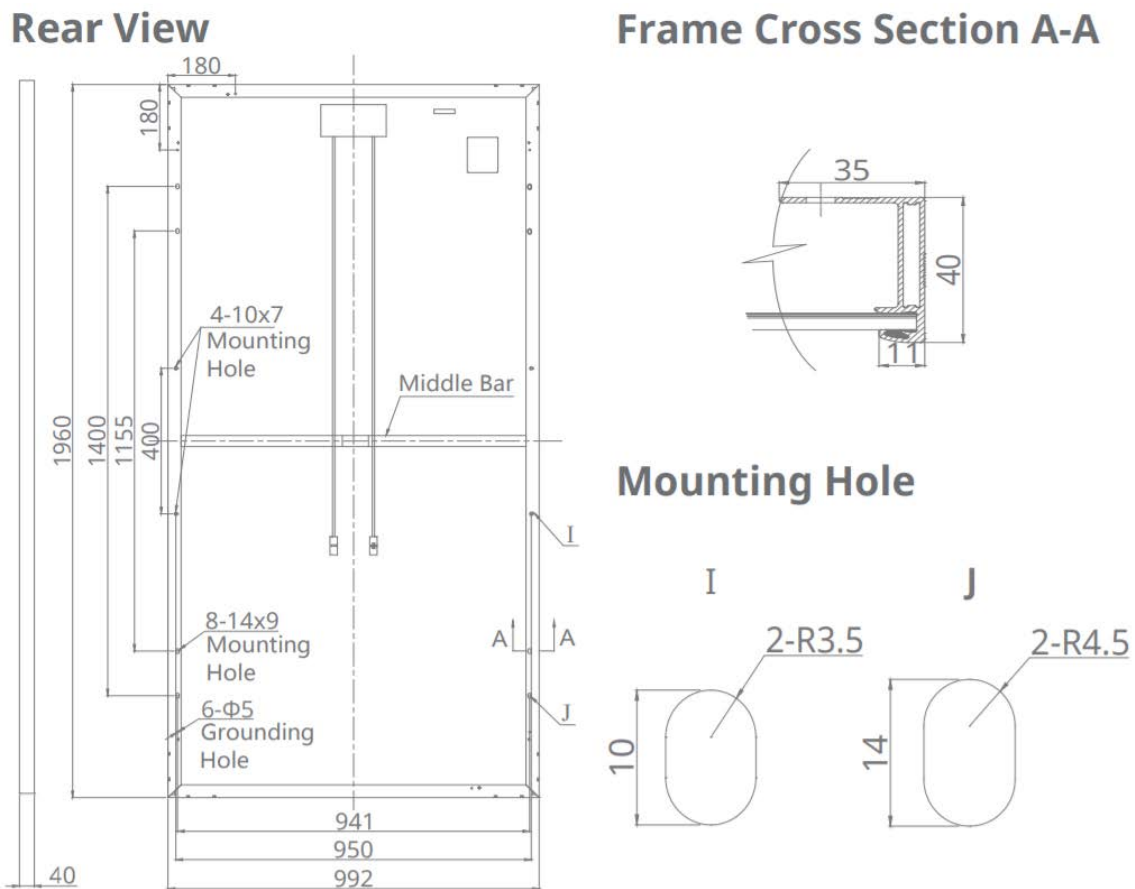


Ilustración 14. Cotas del panel fotovoltaico

## 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 15. Inversor referente

## 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) en torno a 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	2.684,13 €
I.E.E.	Ahorro impuesto especial de electricidad	137,61 €
<b>TOTAL AHORRO ANUAL</b>		<b>2.821,74 €</b>
<b>TOTAL AHORRO ANUAL (IVA incl.)</b>		<b>3.414,31 €</b>
<b>TOTAL AHORRO MENSUAL MEDIO (IVA incl.)</b>		<b>284,53 €</b>

Tabla 5. Ahorro económico

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DESTINADA A AUTOCONSUMO COMPARTIDO EN EL PABELLÓN MUNICIPAL DE MONROYO (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	0,00	0	0	0	-31.300,00 €	-31.300,00 €
1	100,00	41171,00	0,11391 €	3.414,31 €	3.414,31 €	-27.885,69 €
2	99,25	40862,22	0,11761 €	3.499,67 €	3.499,67 €	-24.386,02 €
3	98,50	40553,44	0,12143 €	3.587,16 €	3.587,16 €	-20.798,86 €
4	97,75	40244,65	0,12538 €	3.676,84 €	3.676,84 €	-17.122,02 €
5	97,00	39935,87	0,12946 €	3.768,76 €	3.768,76 €	-13.353,26 €
6	96,25	39627,09	0,13366 €	3.862,98 €	3.862,98 €	-9.490,29 €
7	95,50	39318,31	0,13801 €	3.959,55 €	3.959,55 €	-5.530,73 €
8	94,75	39009,52	0,14249 €	4.058,54 €	4.058,54 €	-1.472,19 €
9	94,00	38700,74	0,14712 €	4.160,01 €	4.160,01 €	2.687,81 €
10	93,25	38391,96	0,15191 €	4.264,01 €	4.264,01 €	6.951,82 €
11	92,50	38083,18	0,15684 €	4.370,61 €	4.370,61 €	11.322,42 €
12	91,75	37774,39	0,16194 €	4.479,87 €	4.479,87 €	15.802,29 €
13	91,00	37465,61	0,16720 €	4.591,87 €	4.591,87 €	20.394,16 €
14	90,25	37156,83	0,17264 €	4.706,66 €	4.706,66 €	25.100,83 €
15	89,50	36848,05	0,17825 €	4.824,33 €	4.824,33 €	29.925,16 €
16	88,75	36539,26	0,18404 €	4.944,94 €	4.944,94 €	34.870,10 €
17	88,00	36230,48	0,19002 €	5.068,56 €	5.068,56 €	39.938,66 €
18	87,25	35921,70	0,19620 €	5.195,28 €	5.195,28 €	45.133,93 €
19	86,50	35612,92	0,20257 €	5.325,16 €	5.325,16 €	50.459,09 €
20	85,75	35304,13	0,20916 €	5.458,29 €	5.458,29 €	55.917,38 €
21	85,00	34995,35	0,21595 €	5.594,74 €	5.594,74 €	61.512,12 €
22	84,25	34686,57	0,22297 €	5.734,61 €	5.734,61 €	67.246,74 €
23	83,50	34377,79	0,23022 €	5.877,98 €	5.877,98 €	73.124,72 €
24	82,75	34069,00	0,23770 €	6.024,93 €	6.024,93 €	79.149,64 €
25	82,00	33760,22	0,24543 €	6.175,55 €	6.175,55 €	85.325,19 €
26	81,25	33451,44	0,25340 €	6.329,94 €	6.329,94 €	91.655,13 €
27	80,50	33142,66	0,26164 €	6.488,19 €	6.488,19 €	98.143,32 €
28	79,75	32833,87	0,27014 €	6.650,39 €	6.650,39 €	104.793,72 €
29	79,00	32525,09	0,27892 €	6.816,65 €	6.816,65 €	111.610,37 €
30	78,25	32216,31	0,28799 €	6.987,07 €	6.987,07 €	118.597,44 €

Tabla 6. Cuadro de amortización

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



Ilustración 16. Flujo acumulado

### 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:

$$\text{VAN} = 59.655,20 \text{ €}$$

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 MONROYO (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:

$$TIR = 12,79 \%$$

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:

$$\text{Plazo de recuperación} = 8 \text{ años, } 4 \text{ meses y } 8 \text{ días}$$

### 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:

$$0.028433 \text{ €/kWh}$$

## 6. CONCLUSIONES

La ubicación más apropiada para albergar la instalación fotovoltaica es la vertiente suroeste del pabellón municipal.

La instalación constará de 95 módulos fotovoltaicos de una potencia pico de 325 Wp y una potencia nominal de inversor de 33 kW. Se aconseja que el inversor cuente con un mínimo de 2 entradas MPPT.

El reparto de los porcentajes asignados a cada uno de los suministros se hará mediante una primera aproximación basada en los datos registrados de cada uno del último año, reajustándose un año después con la instalación en pleno funcionamiento.

La cantidad de energía consumida entre todos los suministros en el periodo analizado fue aproximadamente de 41.171 kWh.

La instalación fotovoltaica propuesta generará 38.557 kWh.

El coste del término de energía total entre todos los suministros en el periodo analizado fue aproximadamente de 6.263,93 €.

El ahorro del término de energía total entre todos los suministros en el periodo analizado hubiera sido de 3.414,31 €, obteniendo una media mensual de ahorro entre todas las facturas de 284,53 €.

La inversión se amortiza en 8 años, 4 meses y 8 días.

Por tanto, se deduce que es una inversión recomendable y amortizable.

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

---



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

# 7.- PRESUPUESTO

PEM (sin IVA):

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
<b>1.1.- módulos fotovoltaicos y soportacion</b>					
1.1.1	UD	Paneles fotovoltaicos marca Canadian Solar o similar de 325 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.	95,000	102,02	9.691,90
1.1.2	UD	Kit para tejado coplanar para paneles en estructura de aluminio de alta resistencia ensamblada mediante tornillería de acero inoxidable y tornillería autotala-drante zinc-niquelada, grapas de fijación, bastidores, perfiles, bandejas o rejillas para guiado de cables, etc. incluido e instalado	95,000	67,98	6.458,10
<b>Total 1.1.- cap01 módulos fotovoltaicos y soportacion:</b>					<b>16.150,00</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.	200,000	6,68	1.336,00
<b>Total 1.2.- cap02 cableado y canalizaciones:</b>					<b>1.336,00</b>
<b>1.3.- Inversor</b>					
1.3.1	UD	Cuadro de control con inversor para autoconsumo Huawei o similar, herramienta SMART para aplicación móvil, instalación y configuración incluida.	1,000	4.918,59	4.918,59
<b>Total 1.3.- cap03 Inversor:</b>					<b>4.918,59</b>
<b>1.4.- Evacuación y Medida</b>					
1.4.1	UD	Diseño, montaje, instalación y conexión del cuadro incluidos.	1,000	915,19	915,19
<b>Total 1.4.- cap04 Evacuación y Medida:</b>					<b>915,19</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	752,49	752,49
1.5.2	UD	Puesta a tierra de estructura y paneles, además de VFD.	1,000	126,05	126,05
<b>Total 1.5.- cap05 puesta a tierra y protecciones:</b>					<b>878,54</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 1 :</b>					<b>24.198,32</b>

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

**RESUMEN DE PRESUPUESTO (SIN IVA)**

<b>Capítulo</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>1</b>	
1.1 modulos fotovoltaicos y soportacion .....	16.150,00
1.2 cableado y canalizaciones .....	1.336,00
1.3 Inversor .....	4.918,59
1.4 Evacuación y Medida .....	915,19
1.5 puesta a tierra y protecciones .....	878,54
<b>Total 1 .....</b>	<b>24.198,32</b>
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>24.198,32</b>
13% de gastos generales	3.145,78
6% de beneficio industrial	1.451,90
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)</b>	<b>28.796,00</b>

**2 Honorarios técnicos**

2.1. Redacción de proyecto.....	1.502,40€
2.2. Dirección Facultativa de la Obra.....	1.001,60€
Total.....	2.504,00€

---

Total (sin IVA).....	31.300,00€
IVA.....	6.573,00€
<b>TOTAL.....</b>	<b>37.873,00€</b>

---

El presupuesto total asciende a; **treinta y siete mil ochocientos setenta y tres euros.**

En Zaragoza, a Marzo de 2020

Firmado:



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

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

---