



PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN - EERR

FOTOVOLTAICA – AUTOCONSUMO

AYUNTAMIENTO DE MARBELLA

(C.E.I.P. Vicente Aleixandre)

Nº OFERTA	CO_1306
Nº INFORME	IN_EERR_1306_29_20160308

Elaborado por:	Revisado por:
 Alberto Trueba Salas	 Inés Simón García

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETO Y ALCANCE.....	1
3. SITUACIÓN ACTUAL	2
3.1 Datos generales.....	2
3.2 Datos contractuales	3
3.3 Distribución de consumo y costes por períodos	4
3.4 Cubiertas	7
4. PERFIL DE FUNCIONAMIENTO	8
4.1 Registros trifásicos	8
4.2 Perfil de funcionamiento.....	9
5. PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA	10
5.1 Normativa vigente y modalidad de autoconsumo	10
5.2 Análisis de diferentes alternativas	13
5.3 Ubicación de módulos fotovoltaicos	15
5.4 Simulación	15
5.5 Simultaneidad Consumo – Generación FV.....	24
5.6 Autoconsumo y cobertura fotovoltaica	28
6. ANÁLISIS ENERGÉTICO Y ECONÓMICO.....	29
6.1 Inversión.....	29
6.2 Estudio de ahorro energético y económico	30

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2009/28/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, fija objetivos nacionales obligatorios en relación con la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía. Se trata del compromiso 20/20/20 para: reducir un 20% en emisiones de gases de efecto invernadero, un 20% de ahorro en el consumo de energía y un 20% en producción energética mediante fuentes renovables para el año 2020.

El Ayuntamiento de Marbella consta actualmente de una infraestructura muy limitada en el campo de las energías renovables para la producción de energía de los diferentes centros (dependencias municipales, centros educativos y centros deportivos), tanto en el apartado de generación térmica (solar térmica, biomasa, etc.), como en el apartado de generación eléctrica (fotovoltaica).

Por lo tanto, para incrementar la contribución de energías renovables existente en la actualidad en el Ayuntamiento, se ha planteado la posibilidad de implantar en determinados centros una instalación de energía solar fotovoltaica de autoconsumo.

Actualmente, las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo están reguladas mediante el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre de 2015. En el apartado 5 se resumen los principales aspectos a tener en cuenta.

2. OBJETO Y ALCANCE

Entre los condicionantes principales que tendrían que cumplir los edificios o instalaciones para hacer viable una instalación fotovoltaica de autoconsumo que se adapte a los requisitos recogidos en el Real Decreto 900/2015, están los siguientes:

- Curva de carga del edificio continua y uniforme durante la mayor parte de los días del año. Maximizar el autoconsumo de la generación fotovoltaica.
- Espacio disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

Por lo tanto, se ha seleccionado este centro atendiendo a estos criterios y tratando de buscar una solución optimizada, donde la mayor parte de la producción solar pueda ser aprovechada en el autoconsumo del centro.

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Datos generales

Denominación del Centro	CEIP VICENTE ALEIXANDRE
Dirección	C/ San Antonio s/n. Bda Santa Marta.29601. Marbella
Tipo de edificio	Centro Educativo
Persona de Contacto (Nombre, tlf, email)	Paulino (Conserje): 952 776544
Número de edificios	2
Referencia Catastral	1430105UF3413S

Tabla 1 Resumen datos generales

Las instalaciones del **CEIP Vicente Aleixandre** que se han auditado se encuentran situadas en la **Calle San Antonio** en la localidad de **Marbella**.



Imagen 1 Vista general del CEIP Vicente Aleixandre

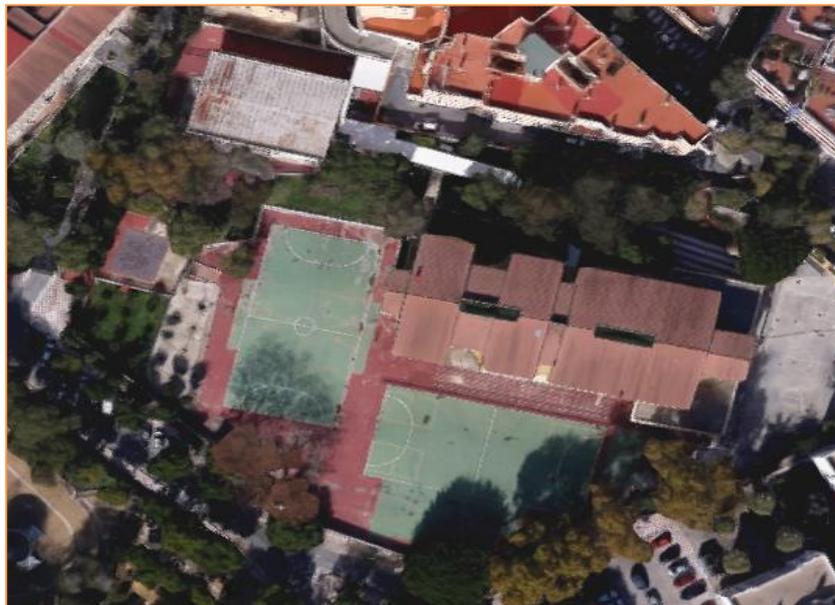


Imagen 2 Vista aérea del CEIP Vicente Aleixandre

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE	1306
		29
		Rev.04

EDIFICIO	Nº plantas	Superficie Util	Nº personas	Horario	Año de construcción	Año última reforma	Reformas realizadas
Edificio principal	4	1809,19	520	*	1981	2015	Instalación Ascensor
Edificio 2	2	319,53	218	*	1981	-	-

Tabla 2 Resumen de horario, usos y datos constructivos

*Durante el periodo lectivo, el horario del edificio principal es 7:30-20:00 h y en verano de 8:00 a 14:00h, salvo en Agosto, que permanece cerrado. El edificio secundario abre solo de Septiembre a Junio y en horario de mañana, de 8:00-14:00h, siendo ocupado de 16:00 a 20:00h por las limpiadoras.

EDIFICIO	Nº personas	Horario de funcionamiento	Uso
Administración	5	8:00-14:00	Administrativo
Aulas	738	7:30-14:00	Aulas
Zona deportiva	-	16:00-20:00	Deportivo
Comedor	200	13:45-15:00	Cocina

Tabla 3 Ocupación y horario por zonas y actividades del Edificio

3.2 Datos contractuales

El suministro eléctrico se encuentra contratado con la comercializadora Endesa.

Las condiciones de contratación a fecha de febrero de 2015 se muestran a continuación:

CUPS	ES0031103006386001SF0F	Tarifa de acceso	3.0 A
CONDICIONES DE CONTRATACION			
	P1	P2	P3
Potencia contratada (kW)	26,3	26,3	26,3
Término de potencia (€/kW año)	40,728525	24,437115	16,29141
Término de energía (€/kWh)	0,140053	0,110182	0,075633

Tabla 4 Datos contractuales

3.3 Distribución de consumo y costes por períodos

El periodo estudiado recoge los consumos entre enero y diciembre del 2014.

Fecha inicio	Fecha Fin	Consumo P1 (kWh)	Consumo P2 (kWh)	Consumo P3 (kWh)	Potencia Maximétrica (kW)	Facturado Reactiva (€)	Base imponible (€)
27/12/2013	29/01/2014	1234	8317	1706	37 /66 /16	0,00	1.804,59
29/01/2014	25/02/2014	1212	8514	1688	37 /68 /13	0,00	1.743,31
25/02/2014	27/03/2014	1032	6854	1462	25 /60 /9	11,60	1.425,54
27/03/2014	28/04/2014	2848	4785	1520	56 /55 /13	4,41	1.770,40
28/04/2014	28/05/2014	3177	4510	1371	54 /44 /8	17,68	1.653,58
28/05/2014	27/06/2014	2771	3918	1286	49 /44 /11	13,87	1.483,48
27/06/2014	28/07/2014	832	1648	904	14 /14 /7	1,76	552,05
28/07/2014	28/08/2014	973	2039	1061	20 /20 /7	8,43	635,84
28/08/2014	26/09/2014	2408	3416	1009	47 /47 /7	31,71	1.353,77
26/09/2014	29/10/2013	3072	4719	1176	43 /46 /7	46,33	1.604,96
29/10/2013	26/11/2014	917	7266	1208	30 /55 /10	25,07	1.444,85
26/11/2014	29/12/2014	1221	7606	1757	32 /62 /13	81,21	1.681,31

Tabla 5 Facturación eléctrica

Respecto a la potencia contratada se observa, tanto por las lecturas del maxímetro como con por las mediciones realizadas, que la contratada es inferior a la demandada. Por ello se recomendado realizar un ajuste de la potencia según las necesidades de la instalación, y así evitar las penalizaciones económicas producidas prácticamente todos los meses.

	P1	P2	P3
Potencia contratada (kW)	26,3	26,3	26,3
Potencia registrada (kW)	56	68	16

Tabla 6 Potencias contratada y registrada

A continuación se presentan gráficas de consumos agrupados por meses naturales:

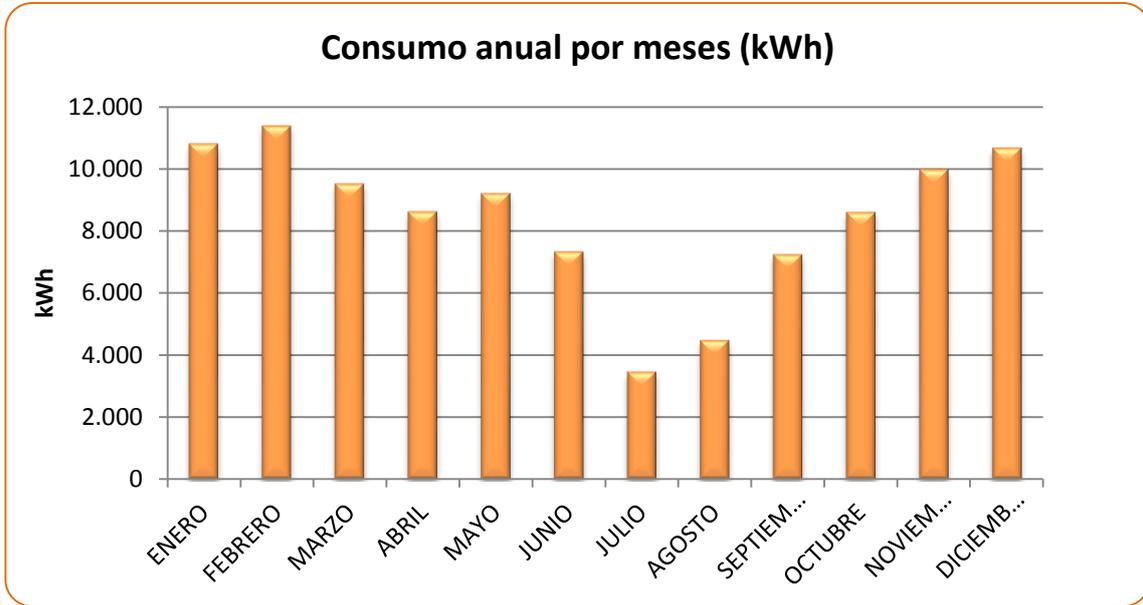


Gráfico 1 Consumo eléctrico mensual

El consumo anual por periodos se muestra a continuación:

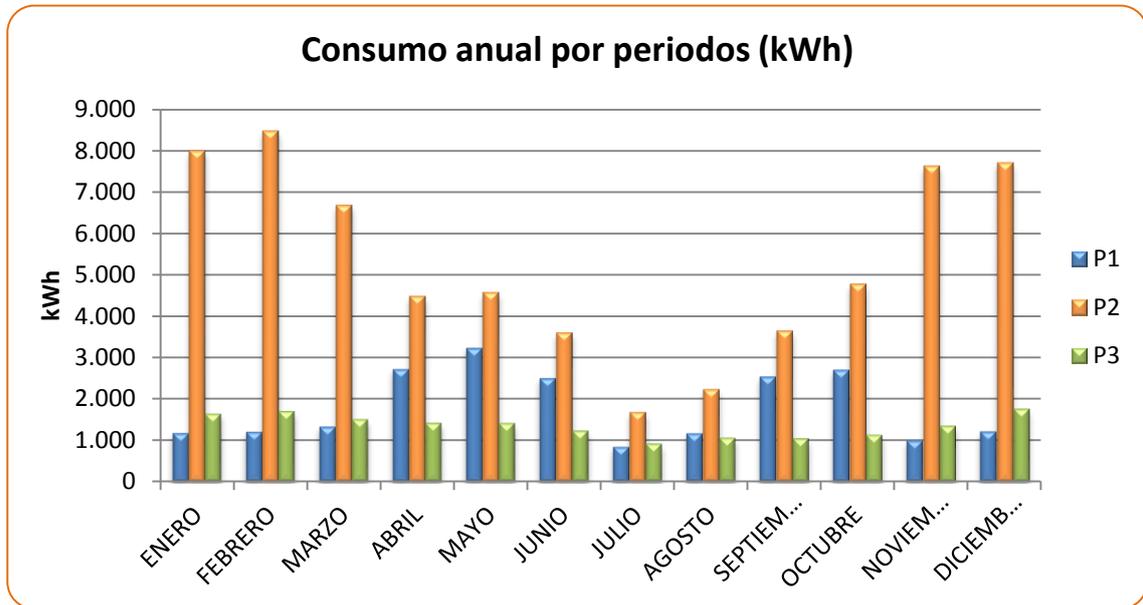


Gráfico 2 Consumo eléctrico por periodos

	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	TOTAL (kWh)
Enero	1.182	8.003	1.635	10.820
Febrero	1.215	8.482	1.695	11.392
Marzo	1.339	6.688	1.505	9.532
Abril	2.721	4.488	1.420	8.629
Mayo	3.229	4.581	1.405	9.216
Junio	2.509	3.608	1.231	7.348
Julio	850	1.698	924	3.473
Agosto	1.180	2.247	1.063	4.490
Septiembre	2.541	3.660	1.048	7.249
Octubre	2.705	4.783	1.127	8.615
Noviembre	1.004	7.640	1.345	9.988
Diciembre	1.223	7.714	1.749	10.686
TOTAL	21.697	63.592	16.148	101.437

Tabla 7 Resumen de consumo eléctrico por periodos

3.4 Cubiertas

A continuación se muestran las cubiertas consideradas para la implantación de los módulos.



Imagen 3 Cubiertas consideradas para la implantación de los módulos fotovoltaicos



Imagen 4 Cubiertas consideradas para la implantación de los módulos fotovoltaicos

4. PERFIL DE FUNCIONAMIENTO

4.1 Registros trifásicos

A continuación se muestran los datos registrados en el analizador de redes trifásico instalado durante una semana, entre los días 29/10/2015 y el 05/11/2015, en el punto de suministro eléctrico. Se trata de una medición realizada con un periodo de 1 minuto entre registros y recoge el consumo de los dos contratos de suministro de que consta el centro.

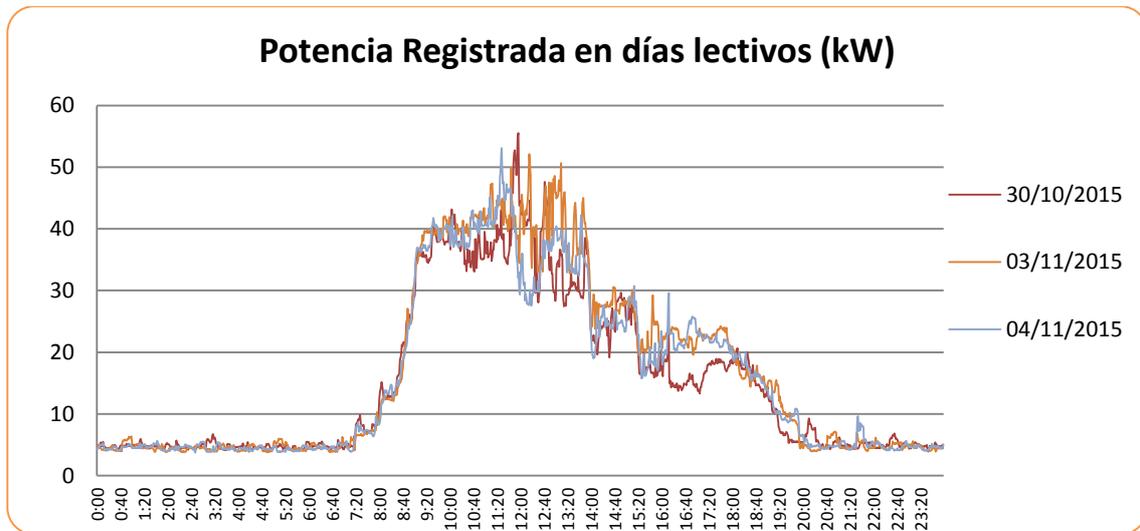


Gráfico 3 Potencia registrada en días lectivos

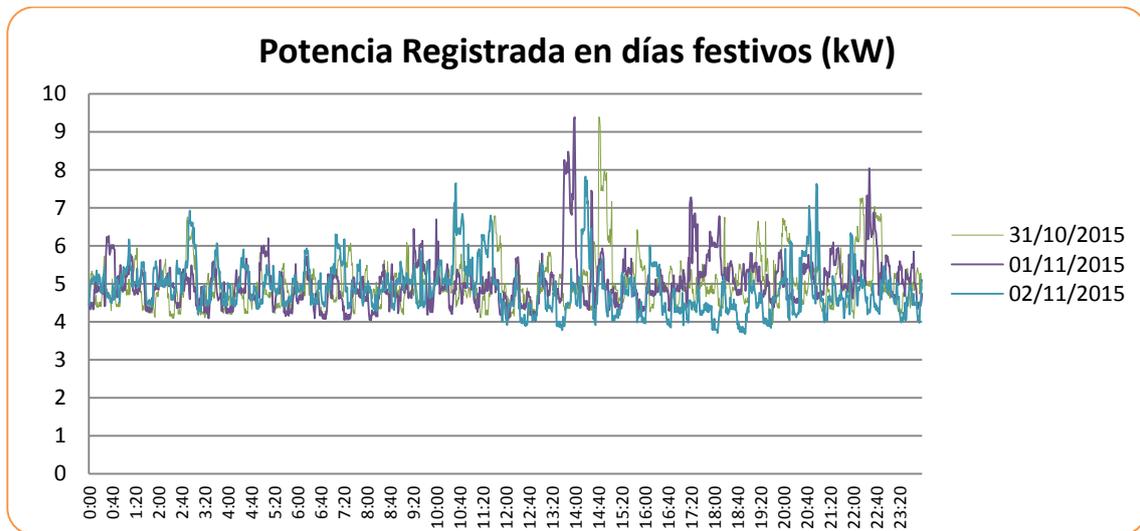


Gráfico 4 Potencia registrada en días festivos

Al no disponer de un año completo, se ha estimado el perfil de consumo durante los meses restantes, atendiendo a los datos registrados por el analizador de redes y mediante la utilización de la información contenida en la facturación por periodos de la tarifa 3.0 correspondiente al suministro eléctrico.

4.2 Perfil de funcionamiento

A continuación se muestran los perfiles de carga por meses:

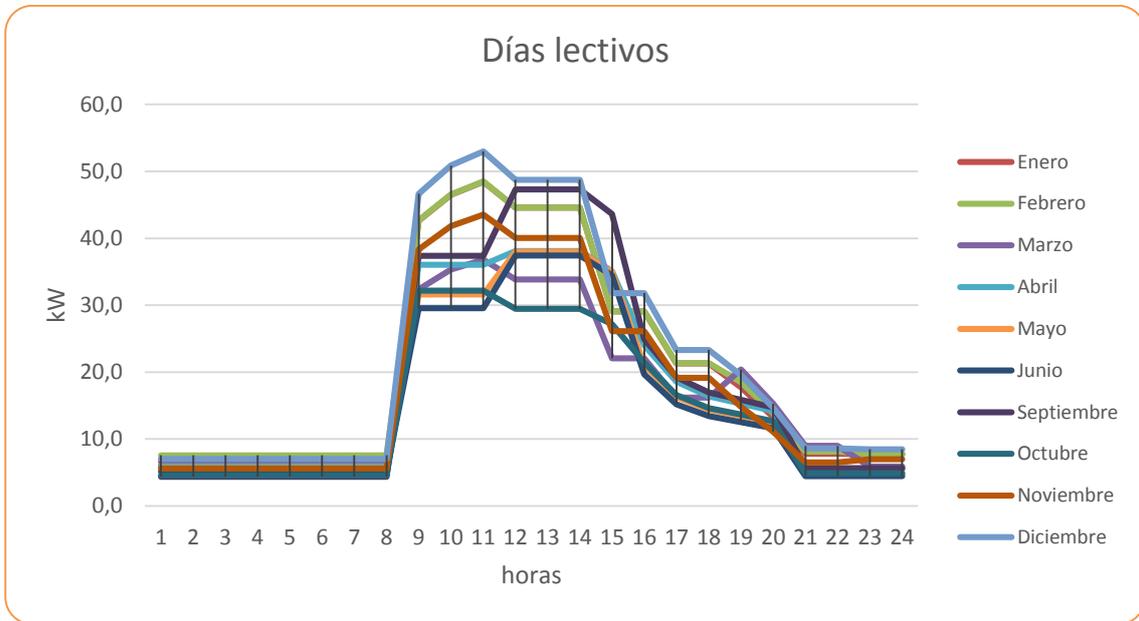


Gráfico 5 Perfil de funcionamiento – días lectivos



Gráfico 6 Perfil de funcionamiento – Sábados, domingos y festivos

Por lo tanto, mediante los datos disponibles de los registros trifásicos acompañados de los datos de consumo por periodos, se ha construido un perfil de funcionamiento horario, que se comparará con el perfil de producción fotovoltaica obtenido en la simulación.

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE	1306
		29
		Rev.04

5. PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA

5.1 Normativa vigente y modalidad de autoconsumo

Las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo están reguladas mediante el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre de 2015.

En función del tipo de autoconsumidores existen dos posibles modalidades:

Modalidad tipo 1:

- Autoconsumidores no inscritos en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (RAIPRE).
- Autoconsumidores de hasta 100 kW de potencia contratada. La potencia máxima de la instalación será la potencia contratada en el suministro con el límite de 100 kW.
- La instalación debe cumplir con los requisitos técnicos del RD 1699/2011.
- La instalación debe cumplir con el procedimiento de conexión y acceso del RD 1699/11 (capítulo II).
- Se debe realizar un estudio de conexión y acceso a cargo del autoconsumidor (RD 1048/2014).
- Se ha de solicitar el punto de conexión a la distribuidora aun cuando no haya vertido a la red.
- Firma de contrato de acceso con la comercializadora en el que se indique la opción de autoconsumo elegida.
- La energía excedentaria cedida a la red no se retribuye y no paga el peaje a la generación.
- La energía autoconsumida paga el peaje de respaldo.

Modalidad tipo 2:

- Instalaciones inscritas en el RAIPRE.
- La instalación debe cumplir con los requisitos técnicos del RD1699/11 ($P_c < 100$ kW) o del RD1955/2000 ($P_c > 100$ kW).
- La instalación debe cumplir con el procedimiento de conexión y acceso del RD 1699/11 (capítulo II) o del RD1955/2000, en función de su potencia.
- Firma de contrato de acceso con la comercializadora en el que conste la opción de autoconsumo.
- Se debe firmar un contrato de acceso que incluya los consumos auxiliares.
- La energía excedentaria se retribuye al precio horario del mercado eléctrico y paga el peaje a la generación (0,5 €/MWh).

Para la realización de los cálculos se han tenido en cuenta los cargos por autoconsumo establecidos en el Real Decreto 900/2015, adicionales a los establecidos en la reglamentación general.

- **Cargos fijos**

Se aplicarán cargos fijos en función de la potencia, en €/kW, cuyo precio será el siguiente para cada categoría de peajes de acceso:

NT	Peaje de acceso	Cargo fijo (€/kW)					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
BT	2.0 A (Pc ≤ 10 kW)	8,989169					
	2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW)	8,989169					
	2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW)	8,989169					
	2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW)	15,390453					
	2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW)	15,390453					
	2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW)	15,390453					
	3.0 A (Pc > 15 kW)	32,174358	6,403250	14,266872			
AT	3.1 A (1 kV a 36 kV)	36,608828	7,559262	5,081433	0,000000	0,000000	0,000000
	6.1A (1 kV a 30 kV)	22,648982	8,176720	9,919358	11,994595	14,279706	4,929022
	6.1B (30 kV a 36 kV)	16,747077	5,223211	7,757881	9,833118	12,118229	3,942819
	6.2 (36 kV a 72,5 kV)	9,451587	1,683097	4,477931	6,402663	8,074908	2,477812
	6.3 (72,5 kV a 145 kV)	9,551883	2,731715	3,994851	5,520499	6,894902	1,946805
	6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	3,123313	0,000000	1,811664	3,511473	4,991205	1,007911

Tabla 8 Cargos fijos por autoconsumo

Tanto para la modalidad de autoconsumo tipo 1 como para la modalidad tipo 2, la aplicación de dichos cargos fijos se realizará sobre la diferencia entre la potencia de aplicación de cargos y la potencia a facturar a efectos de aplicación de los peajes de acceso. En todos los casos se considerará esta diferencia nula cuando el valor sea negativo.

- **Cargos variables**

Se aplicará un término de cargo variable, en €/kWh, que se aplicará sobre el autoconsumo horario durante el periodo transitorio y se denominará cargo transitorio por energía autoconsumida. El precio del cargo transitorio por energía autoconsumida será el siguiente para cada categoría de peajes de acceso:

- Hasta el 31 de diciembre de 2015:

Peaje de acceso	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A (Pc ≤ 10 kW)	0,046750					
2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW)	0,060789	0,008510				
2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW)	0,061561	0,008869	0,008449			
2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,058445					
2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,071727	0,017885				
2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,072498	0,020765	0,013707			
3.0 A (Pc > 15 kW)	0,025270	0,017212	0,011127			
3.1A(1 kV a 36 kV)	0,019485	0,013393	0,014197			
6.1A (1 kV a 30 kV)	0,015678	0,014733	0,010559	0,011786	0,012535	0,008879
6.1B (30 kV a 36 kV)	0,015678	0,012426	0,010005	0,011173	0,012139	0,008627
6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,016967	0,014731	0,010716	0,010965	0,011264	0,008395
6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,019326	0,015950	0,011343	0,011092	0,011221	0,008426
6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	0,015678	0,011674	0,010005	0,010372	0,010805	0,008252

Tabla 9 Cargo transitorio por energía autoconsumida

- A partir del 1 de enero de 2016:

Peaje de acceso	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A (Pc ≤ 10 kW)	0,049033					
2.0 DHA (Pc ≤ 10 kW)	0,063141	0,008907				
2.0 DHS (Pc ≤ 10 kW)	0,063913	0,009405	0,008767			
2.1 A (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,060728					
2.1 DHA (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,074079	0,018282				
2.1 DHS (10 < Pc ≤ 15 kW)	0,074851	0,021301	0,014025			
3.0 A (Pc > 15 kW)	0,029399	0,019334	0,011155			
3.1A(1 kV a 36 kV)	0,022656	0,015100	0,014197			
6.1A (1 kV a 30 kV)	0,018849	0,016196	0,011534	0,012518	0,013267	0,008879
6.1B (30 kV a 36 kV)	0,018849	0,013890	0,010981	0,011905	0,012871	0,008627
6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,020138	0,016194	0,011691	0,011696	0,011996	0,008395
6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,022498	0,017414	0,012319	0,011824	0,011953	0,008426
6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	0,018849	0,013138	0,010981	0,011104	0,011537	0,008252

Tabla 10 Cargo transitorio por energía autoconsumida -

En este caso, aunque se trate de una potencia contratada inferior a 100 kW, la instalación proyectada se acogerá a los requisitos de la modalidad tipo 2, ya que, en el caso de acogerse a la modalidad tipo 1, el titular de la instalación debería ser el mismo que el titular del contrato de suministro. Por otra parte, existe una gran cantidad de energía producida, durante los fines de semana y el periodo vacacional, que no puede ser auto-consumida de forma instantánea en su totalidad, por lo que se podrá verter a la red.

Para el cálculo del cargo fijo por respaldo (€/kW) se ha tenido en cuenta la propuesta de aumento de la potencia contratada hasta el máximo que admite el contador de medida directa, pasando de los 26,3 kW actuales a los 43 kW. Ya que actualmente existen grandes penalizaciones por exceso de potencia.

5.2 Análisis de diferentes alternativas

Se han simulado varias situaciones diferentes teniendo en cuenta el nivel de consumo del centro y de acuerdo al espacio disponible en cubierta. A continuación se resumen los resultados obtenidos en las mismas:

CASO: Autoconsumo Tipo 2	3.0A	
Potencia pico	28,75	kWp
Potencia nominal	25,0	kWn
Consumo anual	101.437	kWh
Gasto anual	11.842,78	€
Producción solar	49.734	kWh
Producción solar	1.730	kWh/kWp
Autoconsumo	33.897	kWh
Autoconsumo	68,16%	
Inyección a red	15.837	kWh
Cobertura	33,42%	
Ahorro de emisiones	19,84	tn CO2
Precio medio de autoconsumo	0,1246947	€/kWh
Precio medio de autoconsumo - peaje respaldo	0,07988487	€/kWh
Venta a pool	0,04994	€/kWh
Peaje a la generación	0,0005	€/kWh
Ahorro económico anual (sin respaldo)	5.009,78	€/año
Ahorro económico anual (con respaldo)	3.490,86	€/año
Inversión	48.125,00	€
Inversión	1,67	€/Wp
Amortización (sin peaje de respaldo)	9,61	años
Amortización (con peaje de respaldo)	13,79	años

Tabla 11 Situación 1: 28,75 kWp

CASO: Autoconsumo Tipo 2	3.0A	
Potencia pico	23,00	kWp
Potencia nominal	20,0	kWn
Consumo anual	101.437	kWh
Gasto anual	11.842,78	€
Producción solar	39.841	kWh
Producción solar	1.732	kWh/kWp
Autoconsumo	29.093	kWh
Autoconsumo	73,02%	
Inyección a red	10.749	kWh
Cobertura	28,68%	
Ahorro de emisiones	15,90	tn CO2

CASO: Autoconsumo Tipo 2	3.0A	
Precio medio de autoconsumo	0,124831983	€/kWh
Precio medio de autoconsumo - peaje respaldo	0,077288518	€/kWh
Venta a pool	0,04994	€/kWh
Peaje a la generación	0,0005	€/kWh
Ahorro económico anual (sin respaldo)	4.163,12	€/año
Ahorro económico anual (con respaldo)	2.779,95	€/año
Inversión	39.960,00	€
Inversión	1,74	€/Wp
Amortización (sin peaje de respaldo)	9,60	años
Amortización (con peaje de respaldo)	14,37	años

Tabla 12 Situación 2: 23,0 kWp

De acuerdo a estos resultados, ninguna de las situaciones simuladas entraría dentro de los parámetros del proyecto (si el periodo de explotación se estableciera en 15 años). Aun así, se ha considerado adecuado proponer esta actuación por el nivel de ahorro de emisiones de CO₂ alcanzado con la misma. Por otra parte, con un mantenimiento adecuado la instalación podría alcanzar una vida útil de 40 años, asegurando unas pérdidas del rendimiento de los módulos fotovoltaicos por debajo del 20% al alcanzar el año 25 de vida útil.

En este caso se ha seleccionado la situación 1, con mejores resultados de rentabilidad, correspondiente con una potencia de **28,75 kWp**. Este valor se encuentra por encima de la potencia contratada actualmente (26,3 kW), aunque se ha tenido en cuenta la propuesta de aumento de la potencia contratada hasta el máximo que admite el contador de medida directa, pasando de los 26,3 kW actuales a los 43 kW. En los siguientes apartados se expone de forma ampliada dicha situación.

5.3 Ubicación de módulos fotovoltaicos

A continuación se muestra un plano con la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

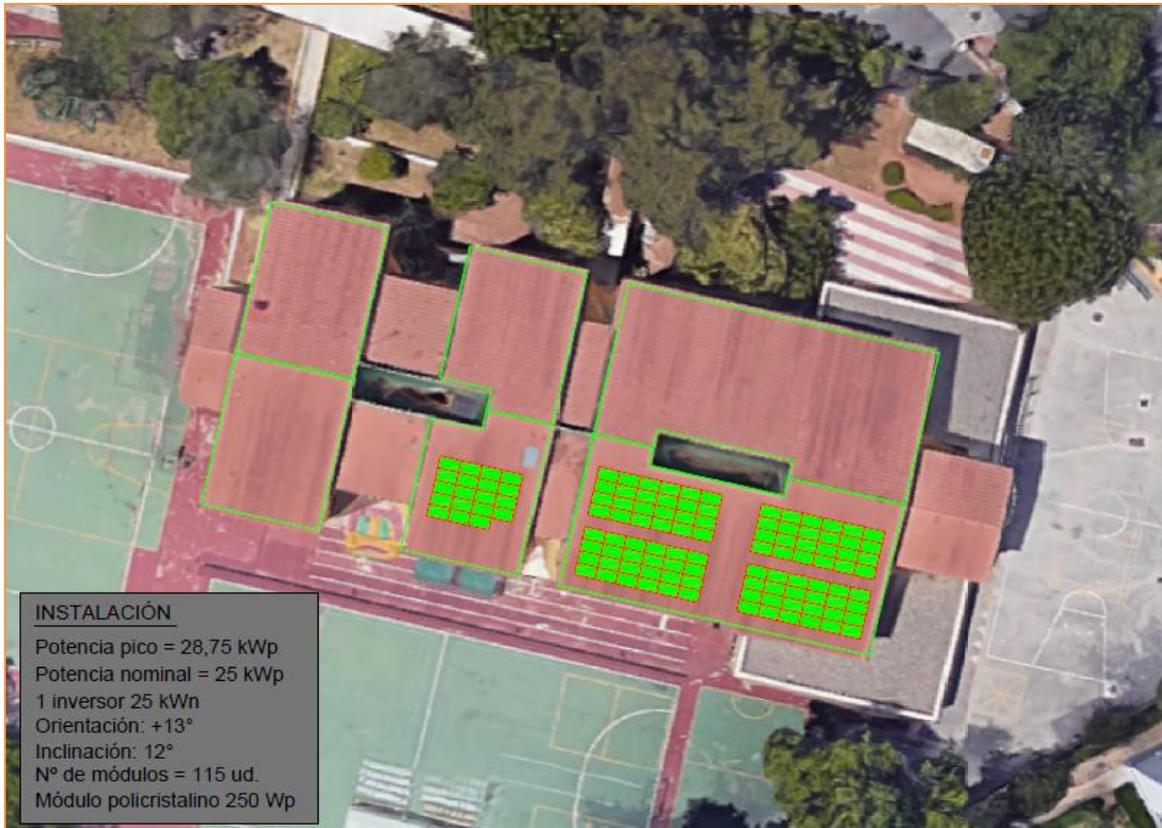


Imagen 5 Ubicación de los módulos en cubierta

5.4 Simulación

La simulación se ha realizado mediante la aplicación de la herramienta PVsyst 6.37. A continuación se muestra el diagrama de pérdidas y los resultados de la propia simulación:

PVSYST V6.37		08/03/16	Página 1/4
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación			
Proyecto :	MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp		
Lugar geográfico	Marbella	País	España
Ubicación	Latitud	36.5°N	Longitud 4.9°W
Hora definido como	Hora Legal	Huso hor. UT+1	Altitud 14 m
	Albedo	0.20	
Datos climatológicos:	Marbella	Síntesis - Meteonorm 7.1 (1996-2010), Sat=92%	
Variante de simulación :	MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp		
	Fecha de simulación	03/03/16 16h53	
Parámetros de la simulación			
Orientación Plano Receptor	Inclinación	12°	Acimut 13°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Erbs, Meteonorm
Perfil obstáculos	Sin perfil de obstáculos		
Sombras cercanas	Sombreado lineal		
Características generador FV			
Módulo FV	Si-poly	Modelo REC 250PE	Fabricante REC
Número de módulos FV	En serie	23 módulos	En paralelo 5 cadenas
Nº total de módulos FV	Nº módulos	115	Pnom unitaria 250 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	28.75 kWp	En cond. funciona. 25.94 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	627 V	I mpp 41 A
Superficie total	Superficie módulos	190 m²	Superf. célula 168 m²
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30	
	Fabricante	SMA	
Características	Tensión Funciona.	390-800 V	Pnom unitaria 25.0 kWac
Banco de inversores	Nº de inversores	1 unidades	Potencia total 25 kWac
Factores de pérdida Generador FV			
Pérdidas por polvo y suciedad del generador		Fracción de Pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	16.0 W/m²K	Uv (viento) 2.5 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	251 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas 0.0 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
Necesidades de los usuarios :	Carga ilimitada (red)		

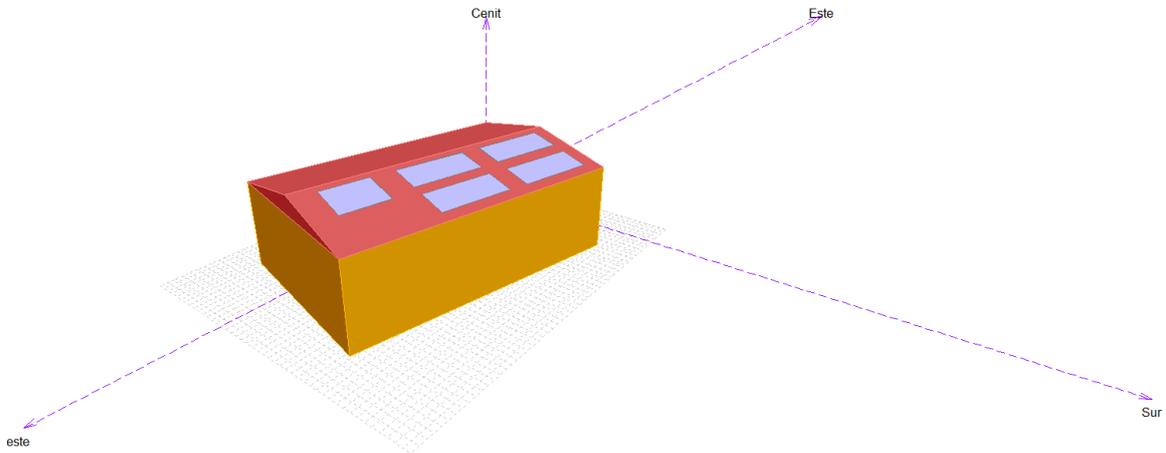
Sistema Conectado a la Red: Definición del sombreado cercano

Proyecto : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

Variante de simulación : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Sombras cercanas	Sombreado lineal		
Orientación Campos FV	inclinación	12°	acimut 13°
Módulos FV	Modelo	REC 250PE	Pnom 250 Wp
Generador FV	N° de módulos	115	Pnom total 28.75 kWp
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30	25.00 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

Perspectiva del campo FV y situación del sombreado cercano



Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

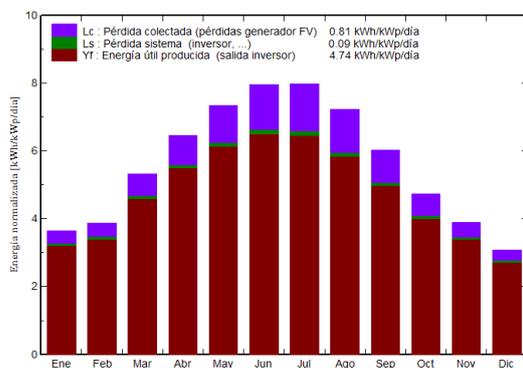
Proyecto : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

Variante de simulación : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

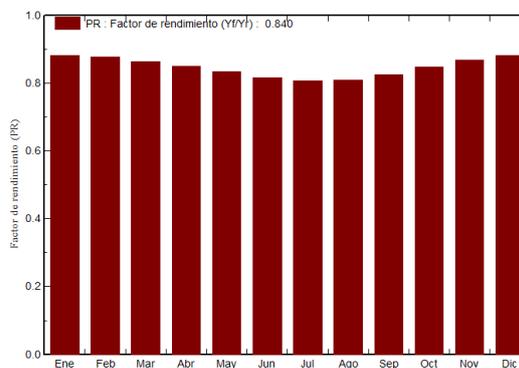
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red		
Sombras cercanas	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	12°	acimut	13°
Módulos FV	Modelo	REC 250PE	Pnom	250 Wp
Generador FV	N° de módulos	115	Pnom total	28.75 kWp
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30		25.00 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Resultados principales de la simulación
 Producción del Sistema **Energía producida 49.73 MWh/año**
 Factor de rendimiento (PR) **84.0 %** Producc. específico 1730 kWh/kWp/año

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 28.75 kWp



Factor de rendimiento (PR)



MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	88.7	10.86	113.2	105.2	2.929	2.873	13.63	13.37
Febrero	92.5	12.36	108.7	101.6	2.800	2.743	13.57	13.30
Marzo	147.7	14.96	165.1	154.7	4.180	4.101	13.34	13.09
Abril	183.8	16.68	193.7	182.3	4.839	4.742	13.16	12.90
Mayo	224.4	20.25	228.1	214.7	5.579	5.469	12.89	12.63
Junio	238.9	23.68	239.2	225.6	5.725	5.611	12.61	12.36
Julio	245.7	25.96	247.7	233.7	5.873	5.758	12.50	12.25
Agosto	214.8	25.92	224.0	211.0	5.317	5.212	12.51	12.26
Septiembre	164.6	22.40	180.7	169.9	4.379	4.293	12.77	12.52
Octubre	126.1	19.00	146.6	137.2	3.649	3.580	13.12	12.87
Noviembre	92.7	14.49	117.2	109.1	2.985	2.927	13.42	13.16
Diciembre	74.3	12.05	95.7	88.7	2.474	2.426	13.63	13.36
Año	1894.1	18.25	2059.9	1933.7	50.728	49.734	12.98	12.72

Legendas: GlobHor Irradiación global horizontal EArray Energía efectiva en la salida del generador
 T Amb Temperatura Ambiente E_Grid Energía reinyectada en la red
 GlobInc Global incidente plano receptor EffArrR Eficiencia Esal campo/superficie bruta
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados EffSysR Eficiencia Esal sistema/superficie bruta

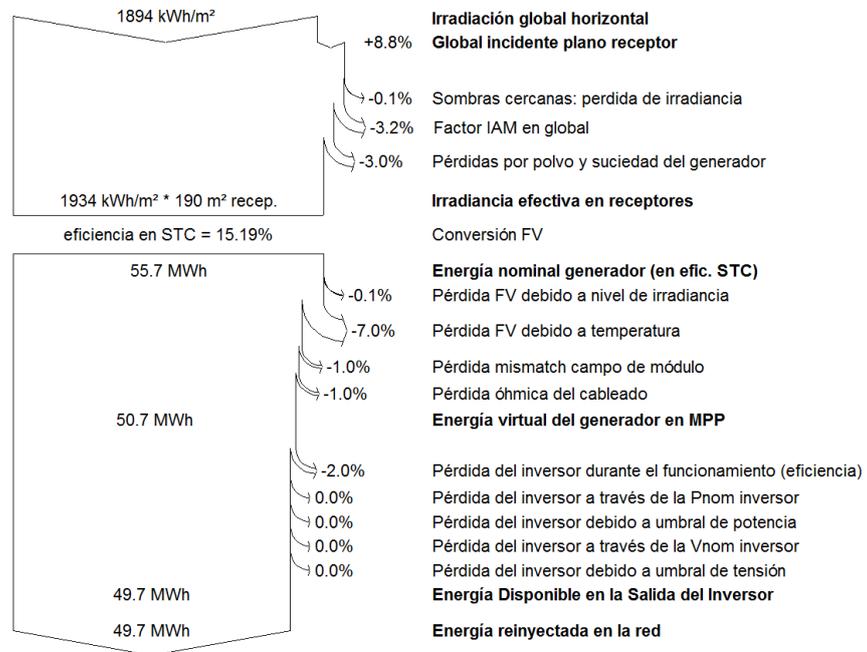
Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

Variante de simulación : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red		
Sombras cercanas	Sombreado lineal			
Orientación Campos FV	inclinación	12°	acimut	13°
Módulos FV	Modelo	REC 250PE	Pnom	250 Wp
Generador FV	Nº de módulos	115	Pnom total	28.75 kWp
Inversor	Modelo	Sunny Tripower 25000TL-30		25.00 kW ac
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

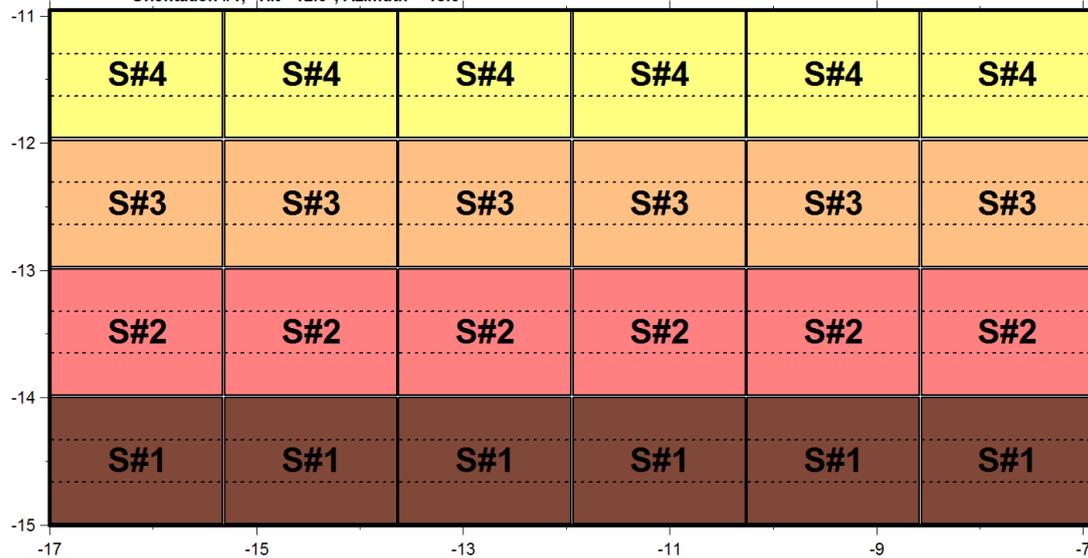
Variante de simulación : MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp

Características generador FV

Módulo FV Si-poly Modelo **REC 250PE** Size 0.991 x 1.665 m²
Utiliza el modelo Sandia Fabricante
 Número de módulos FV En serie 23 módulos En paralelo 5 cadenas

Table

Orientation #1, Tilt =12.0°, Azimuth = 13.0°



Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp**

Variante de simulación : **MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp**

Table

Orientation #1, Tilt =12.0°, Azimuth = 13.0°

-8	S#2	S#1	S#1	S#1	S#1	S#1
-9	S#1	S#1	S#1	S#1	S#1	S#1
-10	S#1	S#1	S#1	S#1	S#1	S#1
-11	S#5	S#5	S#5	S#5	S#5	S#5
-12						
	-29	-27	-25	-23	-21	-19

Table

Orientation #1, Tilt =12.0°, Azimuth = 13.0°

-16	S#3	S#3	S#3	S#3	S#3	S#3
-17	S#2	S#2	S#2	S#2	S#3	S#3
-18	S#2	S#2	S#2	S#2	S#2	S#2
-19	S#2	S#2	S#2	S#2	S#2	S#2
-20						
	-18	-16	-14	-12	-10	-8

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp**

Variante de simulación : **MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp**

Table

Orientation #1, Tilt =12.0°, Azimuth = 13.0°

-13	S#4	S#4	S#4	S#4	S#4	S#4
-14	S#4	S#4	S#4	S#4	S#4	S#4
-15	S#4	S#4	S#4	S#3	S#3	S#3
-16	S#3	S#3	S#3	S#3	S#3	S#3
-17	S#3	S#3	S#3	S#3	S#3	S#3
	-30	-28	-26	-24	-22	-20

Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp**

Variante de simulación : **MARBELLA - 29. CEIP VICENTE ALEIXANDRE - 28,75 kWp**

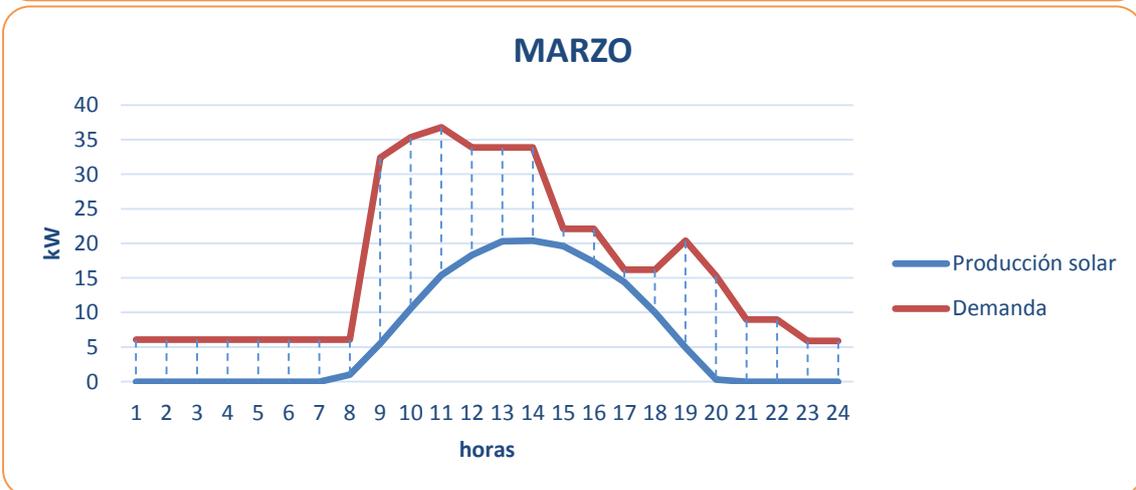
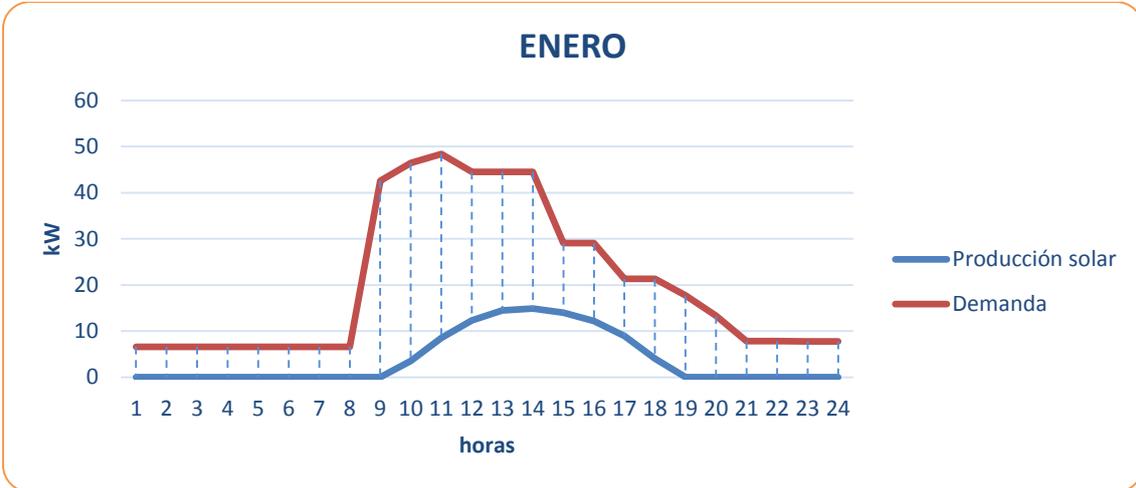
Table

Orientation #1, Tilt =12.0°, Azimuth = 13.0°

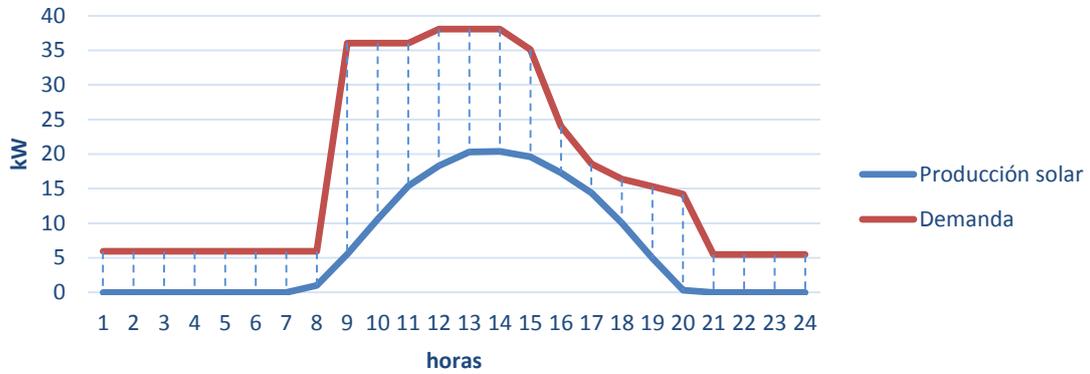
-5	S#5	S#5	S#5	S#5			
-6	S#5	S#5	S#5	S#5			
-7	S#5	S#5	S#5	S#5			
-8	S#5	S#5	S#5	S#5			
-9	S#4	S#4	S#5				
-10	S#4	S#4	S#5				
	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33

5.5 Simultaneidad Consumo – Generación FV

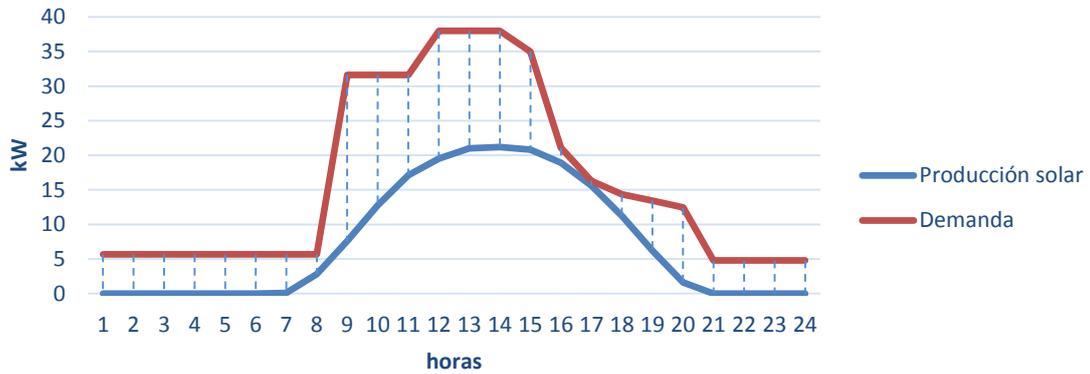
A continuación se muestra gráficamente la simultaneidad existente entre el consumo y la generación fotovoltaica durante los días lectivos:



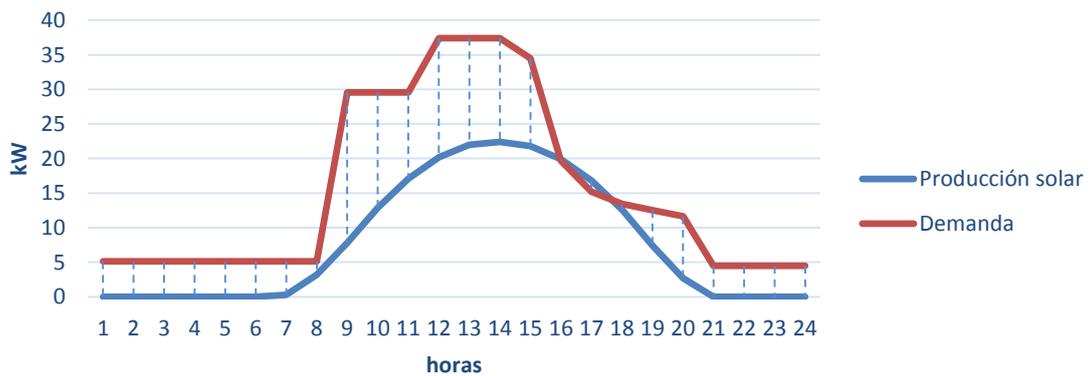
ABRIL



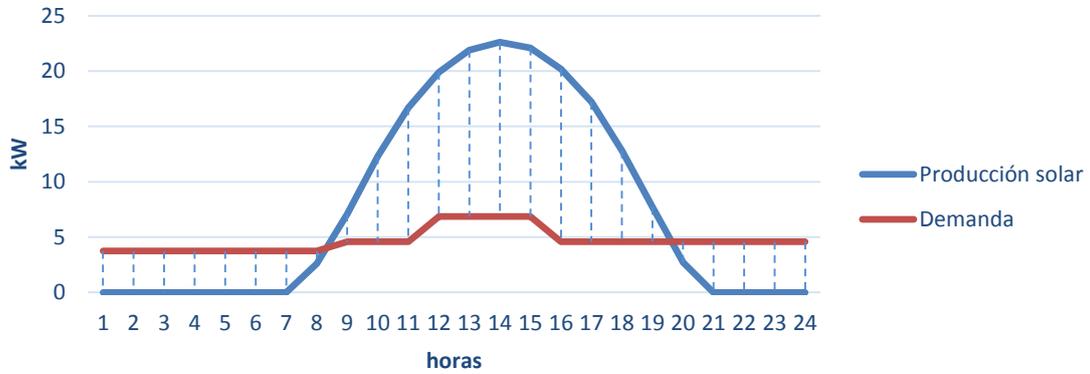
MAYO



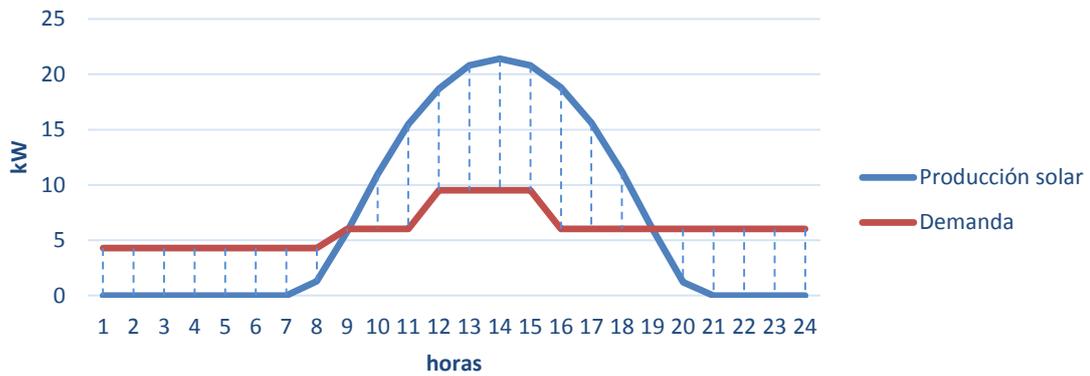
JUNIO



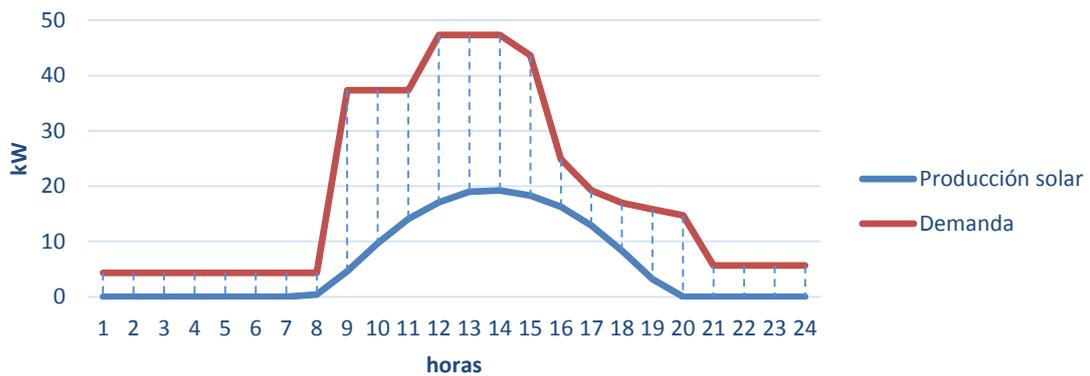
JULIO



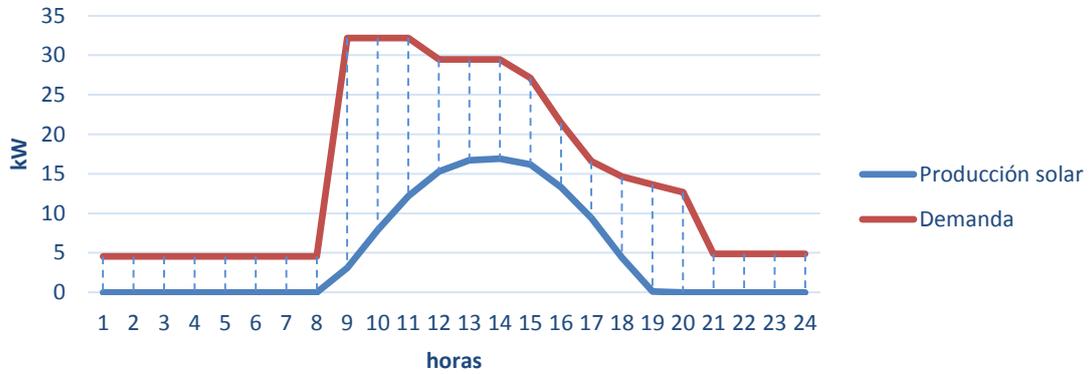
AGOSTO



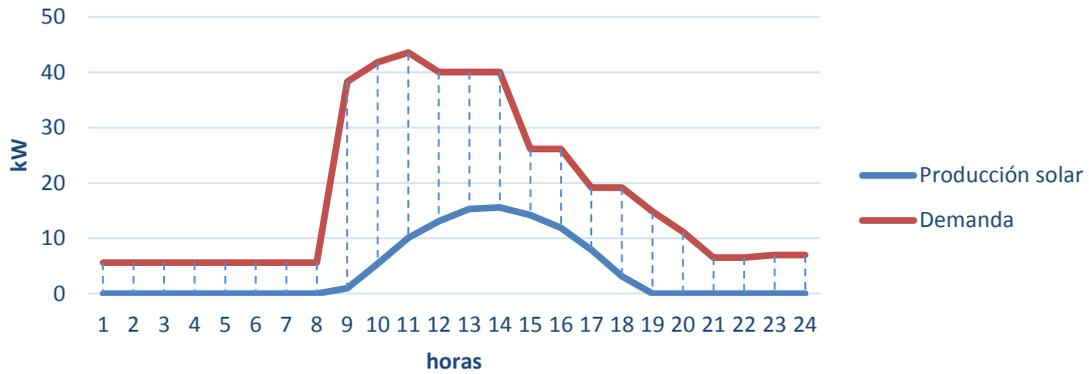
SEPTIEMBRE



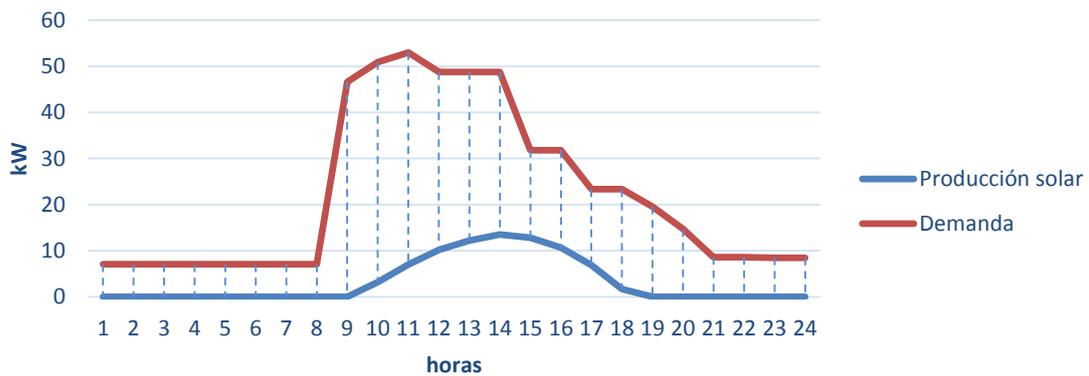
OCTUBRE



NOVIEMBRE



DICIEMBRE



5.6 Autoconsumo y cobertura fotovoltaica

En la siguiente tabla se muestran los resultados de autoconsumo y cobertura obtenidos:

	Consumo actual (kWh)	Producción FV (kWh)	Autoconsumo (kWh)	Autoconsumo (%)	Inyección a red (kWh)	Inyección a red (%)	Cobertura (%)
Enero	10.820	2.873	2.314	80,54%	559	19,46%	21,39%
Febrero	11.392	2.743	2.495	90,96%	248	9,04%	21,90%
Marzo	9.532	4.101	3.287	80,15%	814	19,85%	34,48%
Abril	8.629	4.742	3.405	71,81%	1.337	28,19%	39,46%
Mayo	9.216	5.469	4.163	76,12%	1.306	23,88%	45,17%
Junio	7.348	5.611	3.714	66,19%	1.897	33,81%	50,54%
Julio	3.473	5.758	2.008	34,87%	3.750	65,13%	57,82%
Agosto	4.490	5.212	2.547	48,86%	2.665	51,14%	56,72%
Septiembre	7.249	4.293	2.627	61,20%	1.666	38,80%	36,24%
Octubre	8.615	3.580	2.914	81,39%	666	18,61%	33,83%
Noviembre	9.988	2.927	2.466	84,26%	461	15,74%	24,69%
Diciembre	10.686	2.426	1.957	80,67%	469	19,33%	18,31%
TOTAL	101.437,0	49.734,3	33.897,1	68,16%	15.837,2	31,84%	33,42%

Tabla 13 Resumen – autoconsumo y cobertura

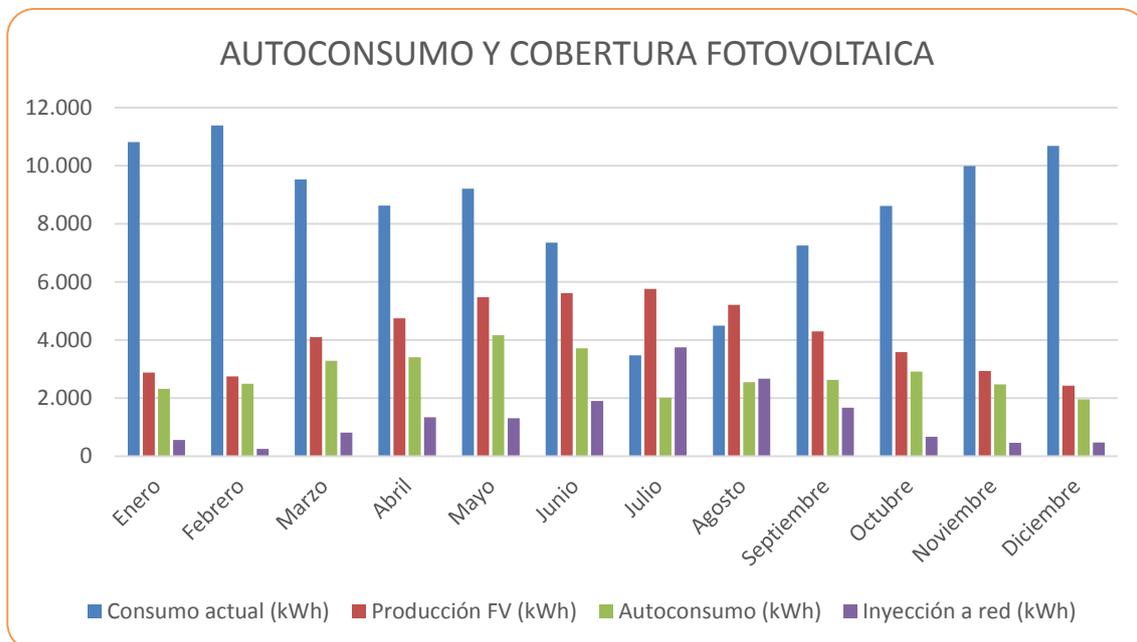


Gráfico 7 Resumen – autoconsumo y cobertura

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE	1306
		29
		Rev.04

6. ANÁLISIS ENERGETICO Y ECONÓMICO

6.1 Inversión

Al tratarse de una auditoria en grado de inversión, para valorar la implantación de la instalación se ha solicitado valoración económica a los principales fabricantes e instaladoras con el fin de obtener un valor promedio realista, en el que se ha tenido en cuenta tanto el precio del material como la mano de obra, ingeniería y tramitaciones, dirección de obra y puesta en marcha.

INGENIERÍA Y TRAMITACIONES	
INGENIERÍA Y TRAMITACIONES	* Proyecto visado y gestión de los permisos con el ayuntamiento y administración.
MATERIAL FOTOVOLTAICO	
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	* 28.750 Wp de paneles fotovoltaicos de silicio cristalino marca REC, ATERSA o similar.
INVERSORES	* 1 INVERSOR DE 25,0 kWn marca SMA o similar.
EJECUCIÓN OBRA	
ESTRUCTURA	* Suministro y montaje de estructura.
MONTAJE DE MÓDULOS	* Montaje de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura.
MATERIAL ELÉCTRICO	* Cableado y material eléctrico necesario para la interconexión de los módulos fotovoltaicos entre sí, con inversores y hasta el punto de inyección a la red. * Caja de protecciones DC, incluidos fusibles de línea. * Caja de protecciones AC, incluidos magnetotérmico general trifásico y protecciones individuales de los inversores.
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	* Instalación eléctrica.
DIRECCIÓN DE OBRA Y PUESTA EN MARCHA	
DIRECCIÓN DE OBRA	Dirección de Obra Facultativa: * Dirección de obra visada. * Coordinación de Seguridad y Salud (libro de incidencias, acta de aprobación de PSS). * Certificado final de obra visado. * Dossier final de obra con la memoria de instalación y uso.
LEGALIZACIÓN	* Legalización como instalación generadora en baja tensión mediante OCA. * Entrega del proyecto a la distribuidora.
OTROS	
TELEMONITORIZACIÓN	* Cableado y extras para telemonitorización. * Instalación de módem para telemonitorizar la planta.
SEGURIDAD E IMPREVISTOS	* Partida de Seguridad y Salud. * Partida de alquiler de la maquinaria.
TOTAL	48.125,00 €

NOTAS:

1. Este presupuesto no incluye el coste de permiso de obras del Ayuntamiento.
2. En el momento de realizar la instalación, en función del mercado, se decidirán las marcas y modelos concretos del material, siempre con unas calidades similares o superiores a las mencionadas.
3. Los paneles fotovoltaicos tienen una garantía de producción de 25 años.

6.2 Estudio de ahorro energético y económico

A continuación se muestran los resultados alcanzados con la propuesta de implantación de energías renovables para generación eléctrica en el centro:

CASO: Autoconsumo Tipo 2	3.0A	
Potencia pico	28,75	kWp
Potencia nominal	25,0	kWn
Consumo anual	101.437	kWh
Gasto anual	11.842,78	€
Producción solar	49.734	kWh
Producción solar	1.730	kWh/kWp
Autoconsumo	33.897	kWh
Autoconsumo	68,16%	
Inyección a red	15.837	kWh
Cobertura	33,42%	
Ahorro de emisiones	19,84	tn CO2
Precio medio de autoconsumo	0,1246947	€/kWh
Precio medio de autoconsumo - peaje respaldo	0,07988487	€/kWh
Venta a pool	0,04994	€/kWh
Peaje a la generación	0,0005	€/kWh
Ahorro económico anual (sin respaldo)	5.009,78	€/año
Ahorro económico anual (con respaldo)	3.490,86	€/año
Inversión	48.125,00	€
Inversión	1,67	€/Wp
Amortización (sin peaje de respaldo)	9,61	años
Amortización (con peaje de respaldo)	13,79	años

Tabla 14 Situación 1: 28,75 kWp

Producción FV (kWh)	Autocons. (%)	Inyecc. Red (%)	Cobertura (%)	Ahorro económico (€/año)	Inversión (€)	Inv. (€/Wp)	Amort. (años)	Ahorro emisiones (tn Co2)
49.734	68,16%	31,84%	33,42%	3.490,86	48.125,00	1,67	13,79	19,84

Tabla 15 Resumen de resultados

	AUDITORÍA ENERGÉTICA AYUNTAMIENTO DE MARBELLA C.E.I.P. VICENTE ALEIXANDRE	1306
		29
		Rev.04

Como se puede observar, la situación simulada no entra dentro de los parámetros del proyecto (si el periodo de explotación se estableciera en 15 años). Aun así, se ha considerado adecuado proponer esta actuación por el nivel de ahorro de emisiones de CO₂ alcanzado con la misma. Por otra parte, con un mantenimiento adecuado la instalación podría alcanzar una vida útil de 40 años, asegurando unas pérdidas del rendimiento de los módulos fotovoltaicos por debajo del 20% al alcanzar el año 25 de vida útil.