

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Evaluación y optimización de una instalación
fotovoltaica de autoconsumo en una fábrica de frutas

Autor: Alberto Pardiñas López

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

Nicolás Aranda Pérez

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Evaluación y optimización de una instalación fotovoltaica de autoconsumo en una fábrica de frutas

Autor:

Alberto Pardiñas López

Tutor:

Isidoro Lillo Bravo

Nicolás Aranda Pérez

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2022

Trabajo Fin de Grado: Evaluación y optimización de una instalación fotovoltaica de autoconsumo en una fábrica de frutas

Autor: Alberto Pardiñas López

Tutor: Isidoro Lillo Bravo

Nicolás Aranda Pérez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

El propósito del presente proyecto es realizar el diseño de una instalación fotovoltaica para autoconsumo en una fábrica de frutas partiendo de los datos aportados por el promotor. Una vez realizado el diseño y llevado a cabo su montaje y puesta en marcha comenzamos a analizar su comportamiento durante un período de un año.

El objetivo de dicho análisis es proponer, simular y estimar una serie de valores para cada una de las variantes que se proponen para mejorar y aprovechar aun más la instalación original. La primera de ellas será la incorporación de capacidad de almacenamiento, propondremos dos tipos de baterías y mediante una serie de cálculos llegaremos a la conclusión de esta propuesta.

En cuanto a la segunda, nos centramos en ampliar la potencia fotovoltaica instalada y, tras varias alternativas de ampliación, estudiaremos nuestro ahorro frente a la instalación original, teniendo en cuenta las nuevas inversiones para cada uno de los casos.

Abstract

The purpose of this project is to carry out the design of a photovoltaic installation for self-consumption in a fruit factory based on the data provided by the developer. Once the design has been carried out and its assembly and commissioning have been carried out, we begin to analyze its behavior over a period of one year.

The objective of this analysis is to propose, simulate and estimate a series of values for each of the variants that are proposed to improve and take advantage of the original installation even more. The first of them will be the incorporation of storage capacity, we will propose two types of batteries and through a series of calculations we will reach the conclusion of this proposal.

Regarding the second, we focus on expanding the installed photovoltaic power and, after several expansion alternatives, we will study our savings compared to the original installation, taking into account the new investments for each of the cases.

Índice

Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE de FIGURAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xii
1 Introducción	10
2 Objeto	11
3 Diseño de la instalación	12
3.1 <i>Condiciones iniciales de diseño</i>	12
3.1.1 Módulos fotovoltaicos	14
3.1.2 Inversor	14
3.1.3 Estructura soporte de los módulos fotovoltaicos	15
3.1.4 Mecanismo antivertido	15
3.2 <i>Simulación de la instalación</i>	15
3.3 <i>Presupuesto</i>	24
3.3.1 Instalación eléctrica	24
3.3.2 Instalación mecánica	31
3.3.3 Honorarios técnicos	31
3.3.4 Presupuesto total	32
3.4 <i>Planos</i>	33
4 Evaluación del funcionamiento real de la instalación fotovoltaica	51
5 Comparación entre el diseño y el comportamiento real	52
6 Alternativas de ampliación	55
6.1 <i>Incorporación de capacidad de almacenamiento</i>	55
6.2 <i>Ampliar la potencia fotovoltaica instalada</i>	58
7 Conclusión	62
8 Bibliografía	63
Anexo I- Datos y estimaciones utilizados en el proyecto en base horaria	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas geográficas de la instalación	12
Tabla 2: Datos generales de la instalación	13
Tabla 3: Configuración de la instalación fotovoltaica	13
Tabla 4: Disponibilidad del recurso solar	16
Tabla 5: Consumos y producción de energía teóricas por meses	24
Tabla 6: Presupuesto de la instalación eléctrica	31
Tabla 7: Presupuesto de la instalación mecánica	31
Tabla 8: Presupuesto de los honorarios técnicos	32
Tabla 9: Presupuesto total de la instalación fotovoltaica	32
Tabla 10: Consumos y producción de energía reales por meses	51
Tabla 11: Comparación de datos de consumo teóricos con los reales	52
Tabla 12: Comparación de datos de producción teóricos con los reales	53
Tabla 13: Comparación de datos de autoconsumo teóricos con los reales	54
Tabla 14: Comparación de datos de excedentes teóricos con los reales	54
Tabla 15: Presupuesto con batería (1 MWh)	55
Tabla 16: Presupuesto con batería (148,4 kWh)	55
Tabla 17: Datos de la nueva propuesta de ampliación de la instalación fotovoltaica al 30%	58

ÍNDICE de FIGURAS

Figura 1: Emplazamiento nave industrial	12
Figura 2: Ejemplo de estructura coplanar	15
Figura 3: Parámetros de simulación I	17
Figura 4: Parámetros de simulación II	18
Figura 5: Definición del horizonte	19
Figura 6: Definición del sombreado cercano	20
Figura 7: Resultados principales de la simulación	21
Figura 8: Gráficos especiales de la simulación	22
Figura 9: Diagrama de pérdida	23
Figura 10: Representación ampliada del gasto acumulativo para el caso de baterías	57

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Coste acumulativo proponiendo 2 tipos de baterías	56
Gráfica 2: Gasto anual en facturas eléctricas incorporando baterías	57
Gráfica 3: Ahorro anual en facturas eléctricas para el caso de baterías	58
Gráfica 4: Coste total para una ampliación del 30% de la potencia fotovoltaica instalada	59
Gráfica 5: Coste total para una ampliación del 50% de la potencia fotovoltaica instalada	60
Gráfica 6: Coste total para una ampliación del 75% de la potencia fotovoltaica instalada	60
Gráfica 7: Coste total para una ampliación del 100% de la potencia fotovoltaica instalada	61
Gráfica 8: Datos reales horarios de la instalación original	64
Gráfica 9: Datos reales diarios de la instalación original	64
Gráfica 10: Datos reales mensuales de la instalación original	65
Gráfica 11: Costes anuales de las distintas baterías durante 25 años de funcionamiento	65
Gráfica 12: Estimación mensual para una ampliación del 30% de la potencia fotovoltaica instalada	66
Gráfica 13: Estimación mensual para una ampliación del 50% de la potencia fotovoltaica instalada	66
Gráfica 14: Estimación mensual para una ampliación del 75% de la potencia fotovoltaica instalada	67
Gráfica 15: Estimación mensual para una ampliación del 100% de la potencia fotovoltaica instalada	67

1 INTRODUCCIÓN

La energía solar en España es una fuente de energía eléctrica renovable que se encuentra en una fase avanzada de desarrollo, instalación y aprovechamiento. En el año 2021, se ha batido el récord de producción de dicha energía, que según datos de Red Eléctrica se alcanzó alrededor de los 8 MW, un 30% del total de demanda eléctrica. Esto es debido a la buena localización geográfica en la que nos encontramos, con una gran cantidad de horas de radiación solar, 2500 horas/año de sol.

En el siglo XXI, las energías renovables han llegado pisando fuerte y presentándose como alternativa a fuentes de energía como la nuclear o el petróleo. A día de hoy, la energía solar no encabeza la lista de las fuentes de energía renovables, con un 8% de producción, pero poco a poco está creciendo para llegar ahí, luchando con la energía hidráulica y la energía eólica, 24% y 11.4% de producción respectivamente.

Con la subida de las tarifas eléctricas en 2021, sería útil realizar un estudio detallado económico de cuál de las distintas opciones disponibles que tenemos a nuestro alcance es la mejor para el consumidor, el cual siempre buscará su máximo ahorro. Este aspecto nos lo encontramos tanto a gran escala, grandes empresas, como en particulares, a nivel de vivienda personal.

Aunque la mayoría de la población recurre a la energía solar desde un punto de vista económico, no debemos dejar pasar la influencia de esta fuente de energía desde el punto de vista medioambiental. La principal característica de la energía solar es que es limpia, sostenible e inagotable.

Por último, debemos ser conscientes de que con estos tipos de diseños es muy difícil acertar a la primera debido a que la producción de nuestra instalación será intermitente. Por lo tanto, siempre será un reto para el cliente adaptar su consumo a la producción de cada momento y, para el diseñador, adaptar la producción de la instalación al consumo teniendo en cuenta este tipo de contratiempos. Así, buscar entre ambas partes un punto de equilibrio energético y económico.

2 OBJETO

El propósito del presente proyecto es realizar el diseño de una instalación fotovoltaica para autoconsumo en una fábrica de frutas partiendo de los datos aportados por el promotor. Una vez realizado el diseño y llevado a cabo su montaje y puesta en marcha comenzamos a analizar su comportamiento durante un período de un año.

El objetivo de dicho análisis es proponer, simular y estimar una serie de valores para cada una de las variantes que se proponen para mejorar y aprovechar aun más la instalación original.

Se consideran importantes los excedentes producidos por nuestra instalación y se van a plantear dos opciones para ver qué finalidad se les da a estos:

- Almacenamiento en baterías. Se plantea cómo alternativa y llegaremos a la conclusión de hasta que punto es rentable o no añadir un campo de baterías para así aprovechar nuestra energía producida cuando la producción se escasa o nula. Es una buena opción desde el punto de vista de aprovechamiento máximo de la energía, pero económicamente habrá que ver el precio de la instalación frente al precio de venta a la red.
- Ampliación de la potencia fotovoltaica instalada: Se plantea como última alternativa al proyecto original e iremos viendo varían las estimaciones desde el punto de vista energético y económico. Plantearemos las siguientes ampliaciones: 30%, 50%, 75% y 100%.

3 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

3.1 Condiciones iniciales de diseño

La planta solar fotovoltaica se pretende construir en la cubierta de la nave industrial, destinada al almacenamiento de material propio de una empresa. Las coordenadas de la instalación son las siguientes:

LATITUD	36.88°N
LONGITUD	-2.33° W
ALTITUD	105m

Tabla 1: Coordenadas geográficas de la instalación

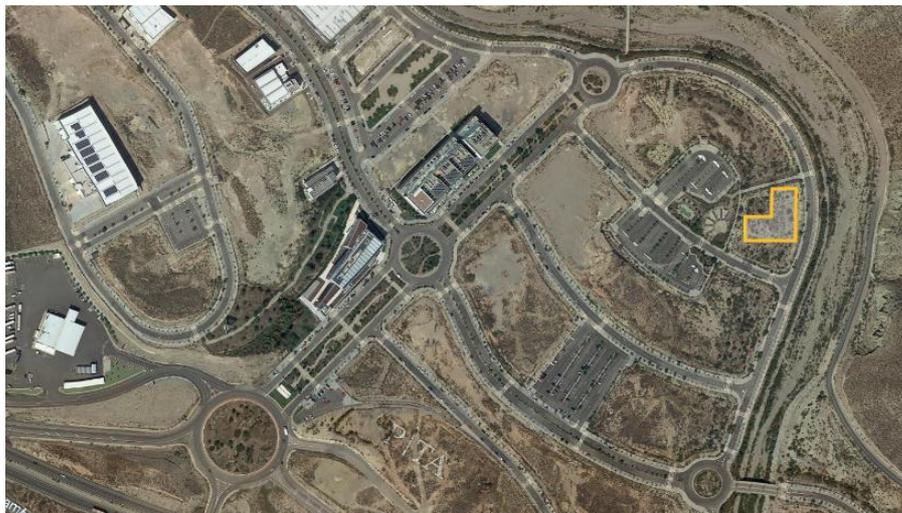


Figura 1: Emplazamiento nave industrial

La instalación fotovoltaica de autoconsumo tendrá una potencia nominal de 176 kW a 25°C y una potencia pico de 196,8 kW, con 480 módulos del fabricante Canadian Solar, modelo CS HiKu CS3W-410P y 2 inversores del fabricante HUAWEI, modelo SUN2000-100KTL-M1 y SUN2000-60KTL-M0.

Los módulos fotovoltaicos serán ubicados sobre la cubierta con 6,5°, 3,5° y 8° de inclinación y una orientación de 0°, 180°, 90°, -90°, según la orientación de la edificación. Los inversores serán ubicados en el interior de la nave junto al cuadro general de baja tensión. El cuadro de protección de baja tensión de la instalación fotovoltaica se situará al lado del cuadro general de la instalación.

La instalación fotovoltaica de autoconsumo se realizará en la Modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes, según el RD 244/2019, por lo que la instalación contará con un conjunto de dispositivos que impide en todo momento el vertido de energía eléctrica a la red de la compañía suministradora. Los dispositivos contarán con su certificado de inyección cero y cumplirán con todos los requisitos exigidos según UNE 217001 IN.

En cuanto a los cálculos eléctricos debemos decir que se han tenido en cuenta tanto para el diseño técnico completo de la instalación como para el presupuesto total. A nivel descriptivo no es de interés para el objeto del proyecto, el cual es, una vez ya puesta en marcha dicha instalación, buscar una serie de alternativas para mejorarla y adaptarla a la demanda del cliente.

DATOS GENERALES DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Módulos PV seleccionados	480 módulos Fv Canadian solar, modelo CS Hiku CS3W-410P con una potencial nominal de 410W
Inversores seleccionados	2 inversores HUAWEI, modelo SUN2000-100KTL-M1 y SUN2000-60KTL-M0 de 110 kW y 66 kW de potencia cada uno a 25°C
Potencia pico total	196,8 kW
Potencia nominal	176 kW a 25°C

Tabla 2: Datos generales de la instalación

CONFIGURACIÓN INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					
Instalación	Instalación 1			Instalación 2	TOTAL
Ubicación de los módulos	Cubierta 1	Cubierta 2	Cubierta 4	Cubierta 3	
Tipo de estructura	Coplanar	Coplanar	Coplanar	Coplanar	
Inclinación de los módulos	6,5°	3,5°	8°	8°	
Azimut de los módulos	0°	180°	-90°	90°	
Potencia módulo FV (Wp)	410	410	410	410	
Nº de módulos FV por serie	20	20	20	18	
Nº de strings	2	5	8	10	25
Nº módulos FV	40	100	160	180	480
Potencia pico (kW)	16,4	41	65,6	73,8	196,8
Potencia nominal (kW)	110			66	176

Tabla 3: Configuración de la instalación fotovoltaica

3.1.1 Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos que se pretenden instalar son del fabricante Canadian Solar, modelo CS HiKu CS3W-410P con una potencia nominal de 410 W de potencia cada uno. Los citados módulos son policristalinos de 144 células con tecnología de célula partida proporcionando los siguientes beneficios:

Mejora el comportamiento del módulo ante las sombras producidas por cualquier obstáculo. Una sombra afecta a la mitad del módulo, no a su totalidad.

Aumenta la eficiencia y reduce las pérdidas óhmicas, reduciendo las pérdidas de temperatura.

Menor riesgo de minocracks y propagación de estos debido a que circula menor intensidad por las células.

Los módulos han sido probados y certificados conforme a la normativa vigente, responden a las especificaciones IEC 61215, IEC 61730, Clase II de Protección (SKII) pudiendo ser utilizados con una tensión máxima de 1.000 Vcc y 1500Vcc. Disponen de Declaración y Marcado CE.

3.1.2 Inversor

Los inversores que se pretenden instalar son del HUAWEI, modelo SUN2000-100KTL-M1 y SUN2000-60KTL-M0 de 110 kW y 66 kW de potencia cada uno a 25°C, con tensión de salida en corriente alternatrifásica de 400V y 50Hz.

Los inversores serán instalados de forma mural justo al lado del Cuadro General de Baja Tensión existente de la instalación, en la zona indicada en los planos. Disponen de declaración y marcado CE y grado de protección IP65.

El inversor propuesto se halla en conformidad con:

- Directiva Europea 2004/108/CE, compatibilidad electromagnética.
- Directiva Europea 2006/95/CE, material eléctrico destinado a utilizarse en determinados límites de tensión.
- RD661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413

El inversor elegido cumple con la normativa europea aplicable a estos equipos contando con todas las protecciones exigidas:

- Protección de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).
- Protección de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz).
- Transformador, que asegura separación galvánica entre el lado de corriente continua y la red de baja tensión.
- Protección contra funcionamiento en modo isla. Cuando el inversor detecta que está funcionando en modo isla (sin apoyo de la red de BT), se desconecta para evitar daños sobre las personas que trabajen en dicha red.
- Protección contra sobretensiones.
- Protección contra sobrecalentamientos: el inversor controla la circulación forzada de aire de modo que no se alcancen temperaturas internas que puedan producir fallos en el funcionamiento.
- Protección diferencial a través de una unidad de control de corriente residual integral (RCMU).

3.1.3 Estructura soporte de los módulos fotovoltaicos

Se pretende utilizar un tipo de estructura soporte de aluminio con sistema coplanar simple anclada a la cubierta para los módulos fotovoltaicos instalados a 6,5°, 3,5° y 8° de inclinación. De esta forma se consigue que la instalación fotovoltaica no sea visible desde ningún punto del entorno del complejo industrial dado que la altura de la instalación fotovoltaica no superará la altura de ningún elemento existente, dígase petos, barandillas, chimeneas, equipos de climatización en cubierta.

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre una estructura de aluminio capaz de resistir su propio peso y los esfuerzos de viento y nieve recogidos en la normativa vigente. La estructura soporte se fijará a la cubierta mediante elementos de fijación apropiados para estos tipos de estructura.

Se incluyen todos los elementos de fijación de los módulos y juntas para garantizar estanquidad del techo de la cubierta.



Figura 2: Ejemplo de estructura coplanar

3.1.4 Mecanismo antivertido

Se propone utilizar como mecanismo antivertido el propio inversor Huawei junto con el controlador smartlogger y el analizador Janitza. Este conjunto tiene la CERTIFICADO DE INYECCIÓN CERO y cumple con todos los requisitos exigidos según UNE 217001 IN, el RD 244/2019 y el anexo añadido en la ITCBT-40.

El mecanismo de antivertido estará ubicado junto al Cuadro General de Protección de Baja Tensión existente para regular el intercambio de potencia actuando sobre el sistema generación-consumo, de acuerdo al tipo de instalación para el mecanismo de antivertido I.2.2 Instalaciones con equipo de medida de consumo según el anexo en el ITC-BT-40.

El analizador de redes inteligente será el encargado de leer la energía de consumo total en Baja Tensión del consumidor a través de unos transformadores de medida de corriente colocados aguas arriba del interruptor general del cliente. El registrador de datos inteligente controlará la generación fotovoltaica mediante comunicaciones con los inversores, regulando así la potencia de salida de los inversores y garantizando que en todo momento la potencia en el punto de consumo sea superior a la potencia en el punto de generación. La potencia de salida de los inversores se reducirá cuando la suma de todas las potencias de consumo sea igual a la suma de la potencia generada por la instalación fotovoltaica.

3.2 Simulación de la instalación

La simulación de la instalación fotovoltaica se ha llevado a cabo mediante el software PVsyst. Dicha herramienta sirve para desarrollar instalaciones fotovoltaicas permitiendo el estudio, la simulación y el análisis de datos completo de este tipo de sistemas.

Con el software se dimensiona el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica o a la importación de los datos desde otras bases de datos, permitiendo el diseño 3D y teniendo además en cuenta la proyección de sombras gracias a la simulación del movimiento del sol durante el día.

MES	Radiación global- Horizontal	Radiación global- Inclinada	Temperatura ambiente
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C
ENERO	85,1	87	11,8
FEBRERO	104	105,8	12,5
MARZO	154,2	155,7	14,2
ABRIL	187,5	188,2	15,8
MAYO	217,3	217,4	18,9
JUNIO	235,6	235,4	22,8
JULIO	238	238	25,7
AGOSTO	211,3	212	26,2
SEPTIEMBRE	162,7	164,1	23
OCTUBRE	122,5	124	19,3
NOVIEMBRE	86,6	88,5	15,3
DICIEMBRE	75,4	77,1	12,79
AÑO	1880,2	1893,3	18,23

Tabla 4: Disponibilidad del recurso solar

A continuación, se mostrará el informe de los resultados detallados obtenidos de la simulación realizada. Ahí, podremos encontrar desde las características de las cadenas de módulos y strings y sus inversores hasta el rendimiento teórico de la instalación, como es el PR, los diferentes tipos de pérdidas, gráficos de las sombras, etc.

PVSYST 7.0.5		16/12/21		Página 1/7	
Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación					
Proyecto : PITA 2					
Sitio geográfico		Almería		País España	
Situación		Latitud 36.88° N		Longitud -2.33° W	
Tiempo definido como		Hora Legal Zona horaria UT		Altitud 105 m	
Albedo 0.20					
Datos meteo:		Almería SolarGIS Monthly aver. , period not spec. - Sintético			
Variante de simulación : Nueva variante de simulación					
Fecha de simulación 16/12/21 09h37					
Parámetros de simulación		Tipo de sistema Tablas en un edificio			
4 orientaciones		Inclin./azimuts 8°/90°, 8°/90°, 7°/0°, 4°/180°			
Configuración de cobertizos		Núm. de cobertizos 17			
Espaciamiento cobertizos 11.5 m		Ancho de colector 10.9 m			
Ángulo límite de sombreado		Ángulo límite de penetración de cobertura del suelo (GCR) 95.4%			
Modelos usados		Transposición Perez		Difuso Perez, Meteorom separado	
Horizonte		Altura promedio 2.1°			
Sombreados aerianos		Según cadenas de módulos		Efecto eléctrico 100 %	
Neecesidades del usuario :		Carga ilimitada (red)			
Características de los conjuntos FV (4 Tipo de conjunto definido)					
Módulo FV		Si-poly		Modelo C83W-410P 1600V HE	
Definición de parámetros personalizados		Fabricante		Canadian Solar Inc.	
Subconjuntos					
#1 - Cubierta 1		Orientación #4		Inclinación/Azimut 4°/180°	
Número de módulos FV		En series 20 módulos		En paralelo 2 cadenas	
Número total de módulos FV		nóm. de módulos 40		Unidad Nom. Potencia 410 Wp	
Potencia global del conjunto		Nominal (STC) 16.40 kWp		En cond. de funcionam. 14.88 kWp (50°C)	
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp 708 V		I mpp 21 A	
#2 - Cubierta 2		Orientación #3		Inclinación/Azimut 7°/0°	
Número de módulos FV		En series 20 módulos		En paralelo 5 cadenas	
Número total de módulos FV		nóm. de módulos 100		Unidad Nom. Potencia 410 Wp	
Potencia global del conjunto		Nominal (STC) 41.0 kWp		En cond. de funcionam. 37.2 kWp (50°C)	
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp 708 V		I mpp 53 A	
#3 - Cubierta 4		Orientación #2		Inclinación/Azimut 8°/90°	
Número de módulos FV		En series 20 módulos		En paralelo 8 cadenas	
Número total de módulos FV		nóm. de módulos 160		Unidad Nom. Potencia 410 Wp	
Potencia global del conjunto		Nominal (STC) 66.8 kWp		En cond. de funcionam. 59.5 kWp (50°C)	
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp 708 V		I mpp 84 A	
#4 - Cubierta 3		Orientación #1		Inclinación/Azimut 8°/90°	
Número de módulos FV		En series 18 módulos		En paralelo 10 cadenas	
Número total de módulos FV		nóm. de módulos 180		Unidad Nom. Potencia 410 Wp	
Potencia global del conjunto		Nominal (STC) 73.8 kWp		En cond. de funcionam. 67.0 kWp (50°C)	
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp 638 V		I mpp 105 A	
Total		Potencia global conjuntos		Nominal (STC) 197 kWp	
		Área del módulo		1080 m²	
		Área celular		952 m²	

Projet Evolution mode

Traducción en francés, todo el texto en inglés es la referencia.

Figura 3: Parámetros de simulación I

PVSYST 7.0.5		16/12/21		Página 2/7	
Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación					
Subconjuntos - Inversores					
#1 - Cubierta 1	Modelo	SUN2000-100KTL-M1-400Vao			
Base de datos PVsyst original	Fabricante	Huawei Technologies			
Características	Unidad Nom. Potencia	100 kWoa	Voltaje de funcion.	200-1000 V	
	Potencia máx. (=>30°C)	110 kWca			
Paquete de Inversores	Potencia total	10.0 kWoa	Proporción Pnom	1.54	
	Núm. de inversores	1 * MPPT 10%			
#2 - Cubierta 2	Modelo	SUN2000-100KTL-M1-400Vao			
Base de datos PVsyst original	Fabricante	Huawei Technologies			
Características	Unidad Nom. Potencia	100 kWoa	Voltaje de funcion.	200-1000 V	
	Potencia máx. (=>30°C)	110 kWca			
Paquete de Inversores	Potencia total	30 kWoa	Proporción Pnom	1.37	
	Núm. de inversores	3 * MPPT 10%			
#3 - Cubierta 4	Modelo	SUN2000-100KTL-M1-400Vao			
Base de datos PVsyst original	Fabricante	Huawei Technologies			
Características	Unidad Nom. Potencia	100 kWoa	Voltaje de funcion.	200-1000 V	
	Potencia máx. (=>30°C)	110 kWca			
Paquete de Inversores	Potencia total	80 kWoa	Proporción Pnom	1.09	
	Núm. de inversores	6 * MPPT 10%			
#4 - Cubierta 3	Modelo	SUN2000-80KTL-M0_400Vao			
Definición de parámetros personalizados	Fabricante	Huawei Technologies			
Características	Unidad Nom. Potencia	80.0 kWoa	Voltaje de funcion.	200-1000 V	
	Potencia máx. (=>30°C)	66.0 kWca			
Paquete de Inversores	Potencia total	80 kWoa	Proporción Pnom	1.23	
	Núm. de inversores	6 * MPPT 17%			
Factores de pérdida del conjunto FV					
Pérdidas de suciedad del conjunto			Fracción de pérdida	2.8 %	
Factor de pérdida térmica	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s	
Pérdida óhmica en el cableado	Conjunto #1	187 m²	Fracción de pérdida	0.5 % en STC	
	Conjunto #2	224 m²	Fracción de pérdida	1.5 % en STC	
	Conjunto #3	140 m²	Fracción de pérdida	1.5 % en STC	
	Conjunto #4	101 m²	Fracción de pérdida	1.5 % en STC	
	Global		Fracción de pérdida	1.3 % en STC	
LID - Degradación inducida por Luz			Fracción de pérdida	1.9 %	
Pérdida de calidad módulo			Fracción de pérdida	-0.3 %	
Pérdidas de desajuste de módulo			Fracción de pérdida	0.8 % en MPP	
#1 - Cubierta 1					
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	Parám. bo	0.04	
#2 - Cubierta 2					
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	Parám. bo	0.04	
#3 - Cubierta 4					
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	Parám. bo	0.04	
#4 - Cubierta 3					
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	Parám. bo	0.04	
Factores de pérdida del sistema					
Pérdida CA, Inversor a inyección	Voltaje Inversor	400 Vca trif			
Sistema completo	Cables: 3 x 240 mm²	1 m	Fracción de pérdida	0.0 % en STC	

PVsys Evaluation mode

Traducción sin garantía, todo el texto en inglés es la referencia

Figura 4: Parámetros de simulación II

Sistema conectado a la red: Definición del horizonte

Proyecto : PITA 2

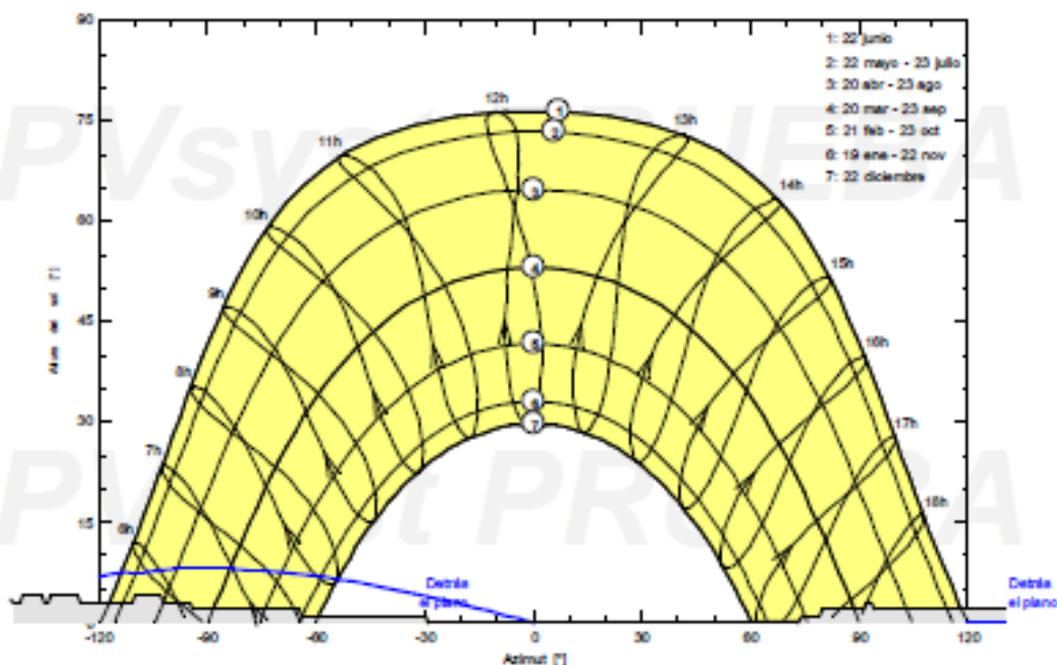
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Principales parámetros del sistema	Tipo de sistema	Tablas en un edificio
Horizonte	Altura promedio	2.1°
Sombreados cercanos	Según cadenas de módulos	Efecto eléctrico 100 %
Orientación campo FV	4 orientaciones	Inclinación/Azimut = 8°/90°, 8°/-90°, 7°/0°, 4°/180°
Módulos FV	Modelo	CS3W-410P 1500V HE Pnom 410 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	480 Pnom total 197 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-100KTL-M1-400Vac 100 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-M0_400Vac 60.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0 Pnom total 180 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)	

Horizonte	Altura promedio	2.1°	Factor difuso	0.99
	Factor Albedo	100%	Fracción de albedo	0.79

Altura [°]	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0
Azimut [°]	-180	-179	-178	-177	-176	-175	-174	-156	-155	-146	-145	-142	-141
Altura [°]	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0
Azimut [°]	-136	-135	-134	-133	-126	-125	-111	-110	-103	-102	-95	-94	-65
Altura [°]	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0
Azimut [°]	-64	-30	-29	73	74	79	80	91	92	93	94	143	144
Altura [°]	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0			
Azimut [°]	147	148	154	155	169	170	171	172	179	180			

Horizonte de Meteorología para, Lat. = 38.875°, Long. = -2.333°



Project Evaluation mode

Traducción sin garantía, sólo el texto en inglés es la referencia

Figura 5: Definición del horizonte

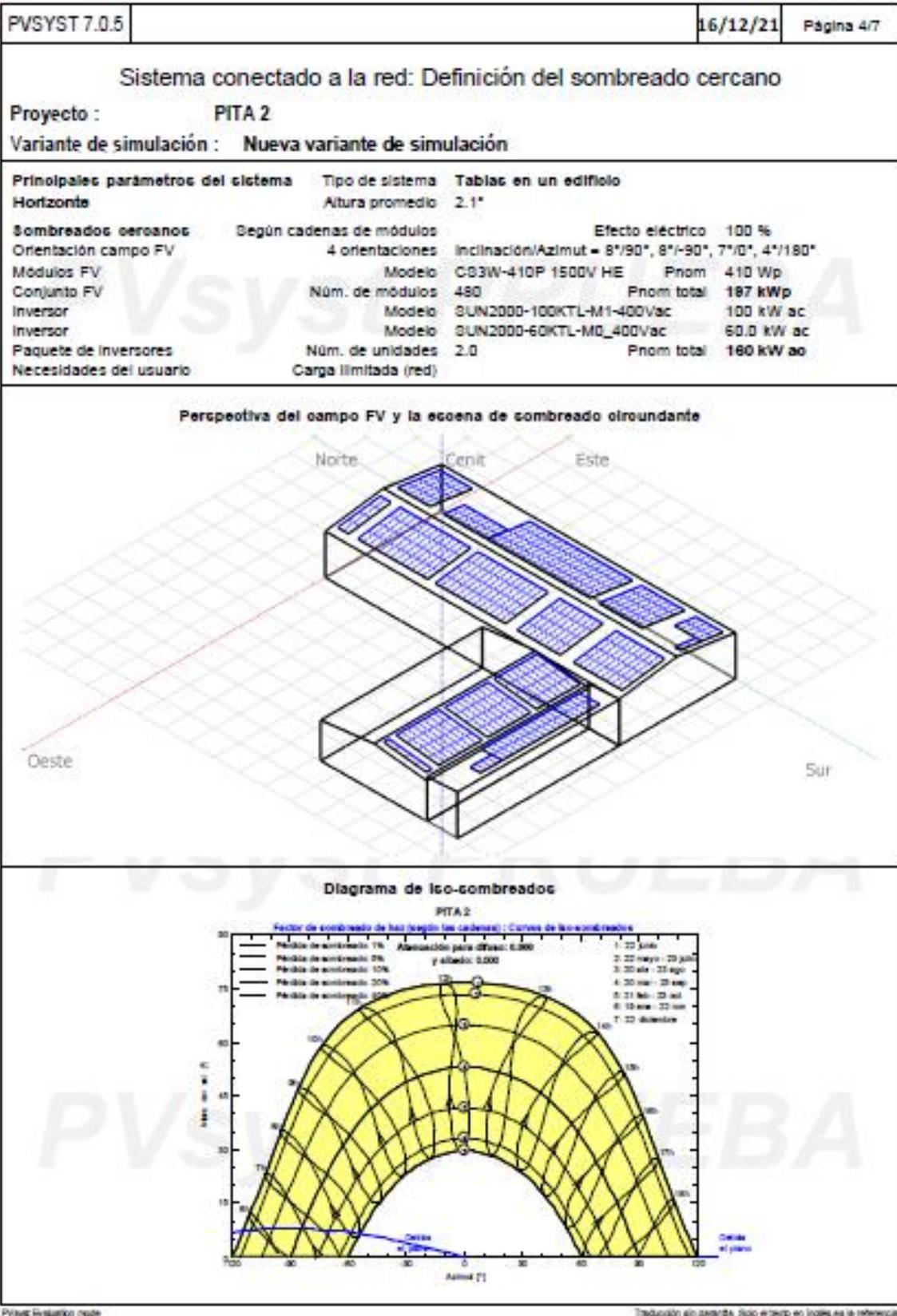


Figura 6: Definición del sombreado cercano

Sistema conectado a la red: Resultados principales

Proyecto : PITA 2

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

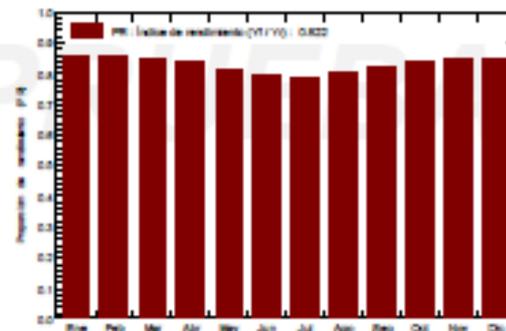
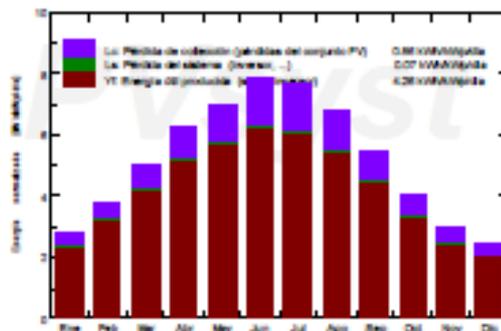
Principales parámetros del sistema		Tipo de sistema	Tablas en un edificio	
Horizonte		Altura promedio	2.1*	
Sombreados aeróneos	Según cadenas de módulos		Efecto eléctrico	100 %
Orientación campo FV	4 orientaciones		Inclinación/Azimut = 8°/90°, 8°/-90°, 7°/0°, 4°/180°	
Módulos FV		Modelo	CG3W-410P 1500V HE	Pnom 410 Wp
Conjunto FV		Núm. de módulos	480	Pnom total 187 kWp
Inversor		Modelo	SUN2000-100KTL-M1-400Vac	100 kW ac
Inversor		Modelo	SUN2000-60KTL-M0_400Vac	60.0 kW ac
Paquete de inversores		Núm. de unidades	2.0	Pnom total 180 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

Resultados principales de simulación

Producción del sistema	Energía producida	308.2 MWh/año	Prod. específica	1556 kWh/kWp/año
	Proporción de rendimiento (PR)	82.17 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 187 kWp

Proporción de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	85.1	29.80	11.80	87.0	80.2	14.84	14.63	0.854
Febrero	104.0	33.60	12.50	105.8	98.8	18.12	17.85	0.857
Marzo	154.2	51.80	14.20	155.7	146.6	26.39	25.99	0.848
Abril	187.5	60.90	15.80	188.2	178.3	31.38	30.89	0.834
Mayo	217.3	72.50	18.90	217.4	206.6	35.51	34.97	0.817
Junio	235.6	73.80	22.80	235.4	223.9	37.54	36.96	0.798
Julio	238.0	78.10	25.70	238.0	226.6	37.64	37.05	0.791
Agosto	211.3	71.60	26.20	212.0	201.4	33.84	33.32	0.799
Septiembre	162.7	56.40	23.00	164.1	154.9	26.87	26.47	0.820
Octubre	122.5	47.10	19.30	124.0	116.1	20.70	20.40	0.836
Noviembre	86.6	32.10	15.30	88.5	81.8	14.94	14.73	0.846
Diciembre	75.4	27.60	12.79	77.1	70.9	13.08	12.90	0.850
Año	1880.2	635.30	18.23	1893.3	1786.0	310.85	306.17	0.822

Leyendas: GlobHor Irradiación horizontal global GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 DiffHor Irradiación difusa horizontal EArray Energía efectiva a la salida del conjunto
 T_Amb T amb. E_Grid Energía inyectada en la red
 GlobInc Global incidente plano receptor PR Proporción de rendimiento

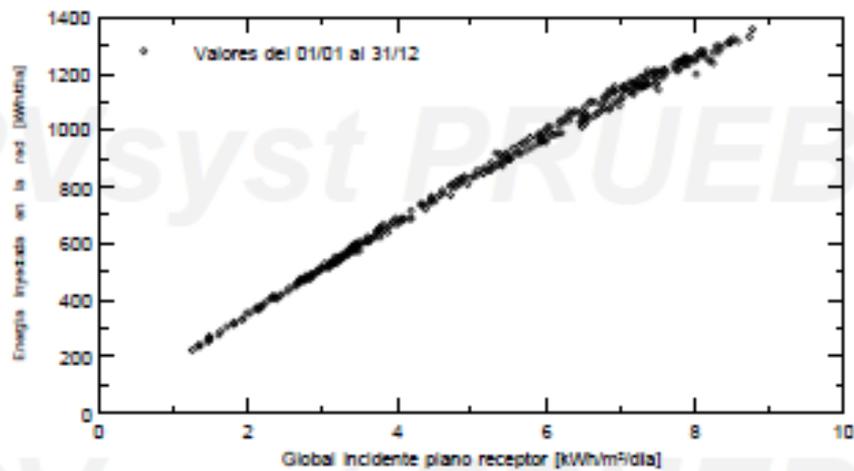
Figura 7: Resultados principales de la simulación

Sistema conectado a la red: Gráficos especiales

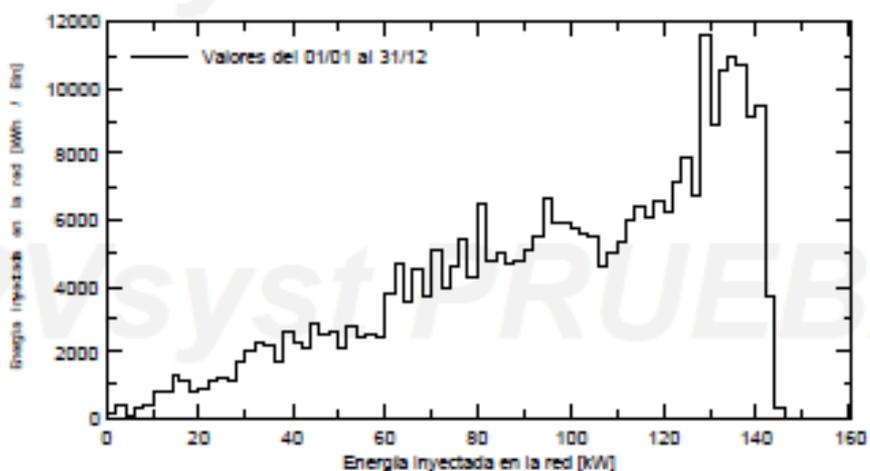
Proyecto : **PITA 2**
 Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Principales parámetros del sistema		Tipo de sistema	Tablas en un edificio
Horizonte		Altura promedio	2.1*
Sombreados cercanos	Según cadenas de módulos		Efecto eléctrico 100 %
Orientación campo FV	4 orientaciones	Inclinación/Azimut = 8°/90°, 8°/-90°, 7°/0°, 4°/180°	
Módulos FV		Modelo CG3W-410P 1500V HE	Pnom 410 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	480	Pnom total 187 kWp
Inversor		Modelo SUN2000-100KTL-M1-400Vac	100 kW ac
Inversor		Modelo SUN2000-60KTL-M0_400Vac	60.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0	Pnom total 160 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



Projet Evaluation mode Traducción automática, sus errores en inglés es la referencia

Figura 8: Gráficos especiales de la simulación

Sistema conectado a la red: Diagrama de pérdida

Proyecto : PITA 2

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Principales parámetros del sistema		Tipo de sistema	Tablas en un edificio	
Horizonte		Altura promedio	2.1°	
Sombreados cercanos	Según cadenas de módulos		Efecto eléctrico	100 %
Orientación campo FV	4 orientaciones	Inclinación/Azímuth = 8°/90°, 8°/-90°, 7°/0°, 4°/180°		
Módulos FV	Modelo	CG3W-410P 1500V HE	Pnom	410 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	480	Pnom total	197 kWp
Inversor	Modelo	SUN2000-100KTL-M1-400Vac		100 kW ac
Inversor	Modelo	SUN2000-60KTL-M0_400Vac		60.0 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	2.0	Pnom total	180 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

Diagrama de pérdida durante todo el año

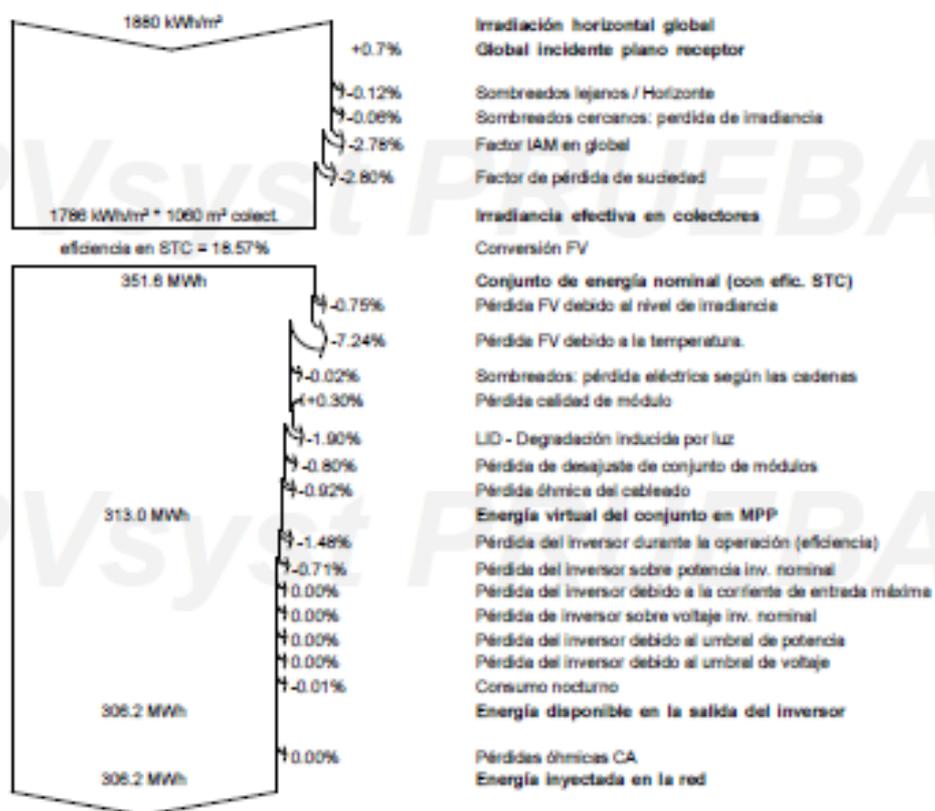


Figura 9: Diagrama de pérdida

MES	CONSUMO (kWh)	PRODUCCIÓN FV (kWh)	AUTOCONSUMO (kWh)	EXCEDENTES (kWh)	AUTOCONSUMO (%)	EXCEDENTE (%)
ENERO	58677,5	14629	13978	652,695	23,82%	4,46%
FEBRERO	53556	17852	15840	2014,481	29,58%	11,28%
MARZO	59772	25995	22663	3333,896	37,92%	12,83%
ABRIL	53136	30981	24168	6814,625	45,48%	22,00%
MAYO	69940,5	34965	31187	3780,207	44,59%	10,81%
JUNIO	67632,5	36958	31828	5131,426	47,06%	13,88%
JULIO	62598,5	37055	30678	6378,573	49,01%	17,21%
AGOSTO	53864,5	33319	26150	7170,633	48,55%	21,52%
SEPTIEMBRE	54737,5	26473	22128	4346,487	40,43%	16,42%
OCTUBRE	55913,5	20402	18477	1927,205	33,05%	9,45%
NOVIEMBRE	52825	14731	13809	924,517	26,14%	6,28%
DICIEMBRE	51050	12895	11900	997,072	23,31%	7,73%
TOTAL AÑO	693.704	306.255	262808	43472	37,88%	14,19%

Tabla 5: Consumos y producción de energía teóricas por meses

3.3 Presupuesto

3.3.1 Instalación eléctrica

Número	Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario (€)	Total (€)
1.1	<p>UD SUMINISTRO Y MONTAJE MÓDULO FV 410Wp</p> <p>UD. Suministro y montaje en marquesina de módulo fotovoltaico Canadian Solar, modelo CS Hiku CS3W-410P con una potencia nominal de 410W, incluyendo conexionado.</p>	480,00	ud	116.32	55.831,68
1.2	<p>UD SUMINISTRO E INSTALACIÓN INVERSOR HUAWEI SUN2000-100KTL-M1</p> <p>UD. Suministro e instalación de inversor Huawei modelo SUN2000-100KTL-M1. Instalación mural en el interior de la sala técnica. Incluye conexiones, fijaciones y soportes.</p>	1,00	ud	8.710,00	8.710,00

	Totalmente instalado.				
1.3	<p>UD SUMINISTRO E INSTALACIÓN INVERSOR HUAWEI SUN2000-60KTL-M0</p> <p>UD. Suministro e instalación de inversor Huawei modelo SUN2000-60KTL-M0. Instalación mural en el interior de la sala técnica. Incluye conexiones, fijaciones y soportes. Totalmente instalado.</p>	1,00	ud	4.420,00	4.420,00
1.4	<p>UD SUMINISTRO E INSTALACIÓN SMARTLOGGER 3000 A</p> <p>UD. Suministro e instalación en sala técnica de Smartlogger 3000A. Instalación mural en el interior de la sala técnica. Incluye todas las comunicaciones necesarias para su funcionamiento, conexiones, fijaciones y soportes. Totalmente instalado.</p>	1,00	ud	650,00	650,00
1.5	<p>UD SUMINISTRO E INSTALACIÓN DISPOSITIVO ANTIVERTIDO JANITZA UMG-103-CBM</p> <p>UD. Suministro e instalación de dispositivo de antivertido Janitza UMG-103-CBM.</p> <p>Instalación en carril DIN en el cuadro de protección de baja tensión existente en la instalación. Incluye toroidales 400/5 instalados en el cuadro de protección de baja tensión existente en la instalación. Incluye todas las comunicaciones necesarias para su funcionamiento, conexiones, fijaciones y soportes. Totalmente instalado</p>	1,00	ud	559,00	559,00

1.6	<p>ML SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLE SOLAR UNIPOLAR 1x6 mm² Cu ZZF/H1Z2Z2-K 1500VCC</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable solar unipolar de 1x6 mm² ZZF/H1Z2Z2-K, nivel de tensión 1500CC, para conexión desde el final de las cadenas de módulos (strings) hasta la entrada de los inversores que se encuentran en el interior de la nave. Incluso parte proporcional y elementos auxiliares para su correcta instalación.</p>	1768,00	m	2,51	4.435,91
1.7	<p>UD CONECTOR T4 SERIE HEMBRA PARA CONDUCTOR DE 6MM²</p> <p>Ud. Suministro e instalación de conector T4 Serie hembra o equivalente, para conductor de 6mm², para conexión del cableado de las strings.</p>	59,00	ud	1,25	73,75
1.8	<p>UD CONECTOR T4 SERIE MACHO PARA CONDUCTOR DE 6MM²</p> <p>Ud. Suministro e instalación de conector T4 Serie macho o equivalente, para conductor de 6mm², para conexión del cableado de las strings.</p>	59,00	ud	1,25	73,75
1.9	<p>ML SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLE UNIPOLAR DE 240mm² Cu, RZ1-K (AS), 0,6/1kV XLPE</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable unipolar de 240mm² Cu RZ1-K (AS) 0.6/1kV XLPE</p> <p>(Cca-s1b,d1,a1), para circuito de 4x1x240mm² entre CBT FV y CGBT, con conductor unipolar de cobre flexible de clase 5, que discurre por bandeja. Incluso parte proporcional y</p>	18,00	m	45,50	819,00

	elementos auxiliares para su correcta instalación.				
1.10	<p>ML SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLE UNIPOLAR DE 95mm² Cu, RZ1-K (AS), 0,6/1kV XLPE</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable unipolar de 240mm² Cu RZ1-K (AS) 0.6/1kV XLPE</p> <p>(Cca-s1b,d1,a1), para circuito de 4x1x95mm² entre el inversor 1 y el CBT FV, con conductor unipolar de cobre flexible de clase 5, que discurre por bandeja. Incluso parte proporcional y elementos auxiliares para su correcta instalación.</p>	28,00	m	23,40	655,20
1.11	<p>ML SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLE MULTIPOLAR DE 4X35mm² Cu, RZ1-K (AS), 0,6/1kV XLPE</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable multipolar de 4x1x35mm² Cu RZ1-K (AS) 0.6/1kV XLPE (Cca-s1b,d1,a1), para circuito de 4x1x35mm² entre el inversor 2 y el CBT FV, con conductor unipolar de cobre flexible de clase 5, que discurre por bandeja. Incluso parte proporcional y elementos auxiliares para su correcta instalación.</p>	6,00	m	39,00	234,00
1.12	<p>UD SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CUADRO DE PROTECCIÓN AC (CBT FV)</p> <p>Ud. Suministro, instalación y conexión de cuadro eléctrico de protección para el sistema fotovoltaico compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor automático general de 400A con protección diferencial. 	1,00	ud	5.000,00	5.000,00

	<p>- Interruptor automático general para proteger cada inversor. (1) 125A, (1) 250A.</p> <p>- Protección de sobretensiones. Se instalará una protección de sobretensiones trifásica Tipo 2, intensidad máxima descarga (8/20µs): 40kA, intensidad nominal descarga (8/20µs): 20kA, tensión nominal: 400VAC, nivel de protección: ≤1,3kV</p> <p>- Salida protegida F+N con interruptor magnetotérmico o fusible de 6A y un diferencial de 30mA para una salida auxiliar que alimentará al equipo Smartlogger.</p> <p>Incluso materiales auxiliares de sustentación, etiquetado, terminales y comprobaciones.</p>				
1.13	<p>UD ADAPTACIÓN CUADRO BT EXISTENTE PARA LA CONEXIÓN DEL CBT FV (CGBT)</p> <p>Ud. Suministro, instalación y conexión de las siguientes protecciones dentro del cuadro eléctrico existente en la instalación:</p> <p>- Salida protegida 3F+N con interruptor magnetotérmico o fusible de 6A para alimentar el analizador de redes Janitza.</p> <p>Instalación y conexión de las siguientes protecciones dentro del cuadro eléctrico existente en la instalación:</p> <p>- Sistema antivertido Janitza.</p> <p>- 3 Transformadores de intensidad 400/5.</p> <p>Incluso materiales auxiliares de etiquetado, terminales y comprobaciones.</p>	1,00	ud	750,00	750,00

1.14	<p>ML CABLE PUESTA A TIERRA AISLADO VERDE/AMARILLO 16mm²</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable de cobre aislado (verde-amarillo) de sección 16 mm² 0,6/1kV para conexión de la puesta a tierra la estructura al sistema de puesta a tierra. Incluso parte proporcional y elementos auxiliares para su correcta conexión e instalación.</p>	137,00	m	2,51	343,87
1.15	<p>ML CABLE PUESTA A TIERRA AISLADO VERDE/AMARILLO 120mm²</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable de cobre aislado (verde-amarillo) de sección 120 mm² 0,6/1kV para conexión de la puesta a tierra entre CBT FV y CGBT. Incluso parte proporcional y elementos auxiliares para su correcta conexión e instalación.</p>	4,00	m	25,00	100,00
1.16	<p>ML CABLE PUESTA A TIERRA AISLADO VERDE/AMARILLO 50mm²</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable de cobre aislado (verde-amarillo) de sección 120 mm² 0,6/1kV para conexión de la puesta a tierra entre el inversor 1 y el CGBT.</p> <p>Incluso parte proporcional y elementos auxiliares para su correcta conexión e instalación.</p>	7,00	m	10,00	70,00
1.17	<p>ML CABLE PUESTA A TIERRA AISLADO VERDE/AMARILLO 25mm²</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable de cobre aislado (verde-amarillo) de sección</p>	1,50	m	5,00	7,50

	<p>25</p> <p>mm² 0,6/1kV para conexión de la puesta a tierra entre el inversor 1 y el inversor 2.</p> <p>Incluso parte proporcional y elementos auxiliares para su correcta conexión e instalación.</p>				
1.18	<p>ML CABLE RS-485 (2x2x0.5mm2)</p> <p>Ml. Suministro e instalación de cable de comunicaciones apantallado RS-485 (2x2x0.5mm2), 2 pares de cable multipolar de cobre, apantallado para la comunicación de los equipos. Incluye todo tipo de conectores, señalización y ayudas de albañilería.</p>	15,00	m	1,78	26,72
1.19	<p>ML SUMINISTRO DE BANDEJA METÁLICA 60x60</p> <p>Ml. Suministro e instalación de bandeja metálica de varilla electrosoldada con tapa ciega recta metálica de 60x60mm, tipo Rejiband o similar. De acuerdo a especificaciones y planos. Incluye elementos de sustentación, grapas de unión equipotencial, tornillería que asegure la estanqueidad de la cubierta.</p>	48,00	m	13,77	660,82
1.20	<p>ML SUMINISTRO DE BANDEJA METÁLICA 100x60</p> <p>Ml. Suministro e instalación de bandeja metálica de varilla electrosoldada con tapa ciega recta metálica de 100x60mm, tipo Rejiband o similar. De acuerdo a especificaciones y planos. Incluye elementos de</p>	17,00	m	20,59	350,06

	sustentación, grapas de unión equipotencial, tornillería que asegure la estanqueidad de la cubierta.				
TOTAL					83.771,26€

Tabla 6: Presupuesto de la instalación eléctrica

3.3.2 Instalación mecánica

Número	Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario (€)	Total (€)
2.1	UD SUMINISTRO DE ESTRUCTURA COPLANAR DE ALUMINIO UD. Suministro de estructura coplanar de aluminio. Incluye: Toda la tornillería, grapas, omegas, terminales y pequeño material para la correcta instalación de la estructura y los módulos.	1,00	ud	10.005,00	10.005,00
2.2	UD INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA COPLANAR DE ALUMINIO UD. Instalación de estructura coplanar de aluminio.	1,00	ud	8.856,00	8.856,00
TOTAL					18.861,00€

Tabla 7: Presupuesto de la instalación mecánica

3.3.3 Honorarios técnicos

Número	Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario (€)	Total (€)
3.1	UD PROYECTO EJECUCION Ud. Proyecto de Ejecución. Incluye: Memoria, Planos, Mediciones, Plan de Seguridad y Salud, Integración de los distintos componentes,	1,00	ud	2.318,63	2.318,63

	Reuniones de diseño/integración con terceros				
3.2	UD DIRECCION DE OBRA Ud. Dirección de Obra. Incluye: Certificaciones, Acta de replanteo, Acta de recepción provisional, Coordinador de seguridad y Salud, Soluciones técnicas, Control de Calidad, Reuniones semanales	1,00	ud	3.460,33	3.460,33
TOTAL					5.778,96€

Tabla 8: Presupuesto de los honorarios técnicos

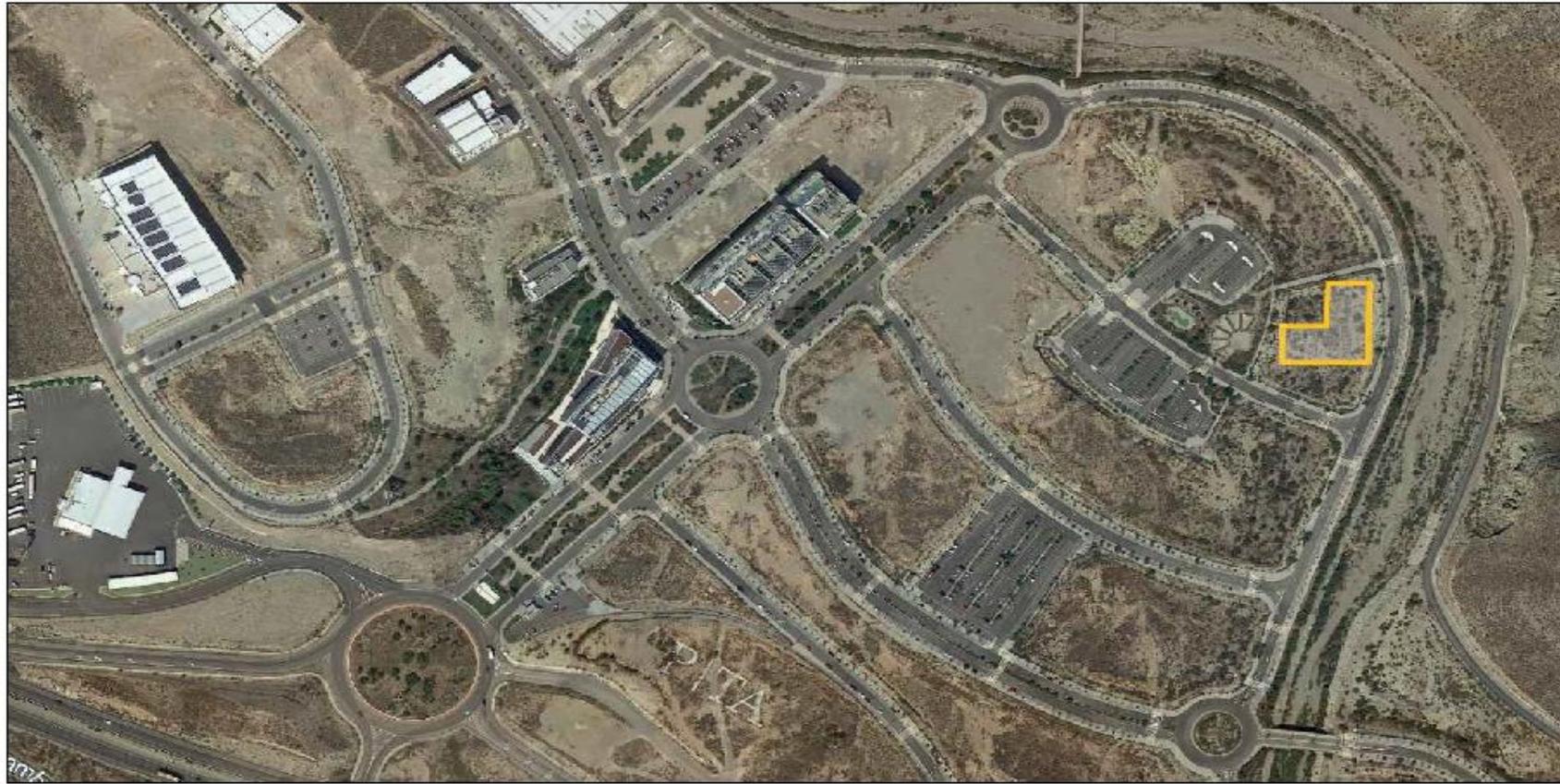
3.3.4 Presupuesto total

Presupuesto total	Precio (€)
Instalación eléctrica	83.771,26
Instalación mecánica	18.861,00
Honorarios técnicos	5.778,96
TOTAL (sin IVA)	108.411,22
IVA (21%)	22.766,36
TOTAL (IVA incluido)	131.177,58

Tabla 9: Presupuesto total de la instalación fotovoltaica

3.4 Planos

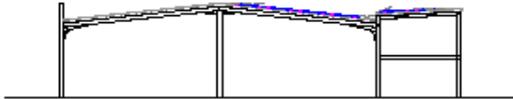
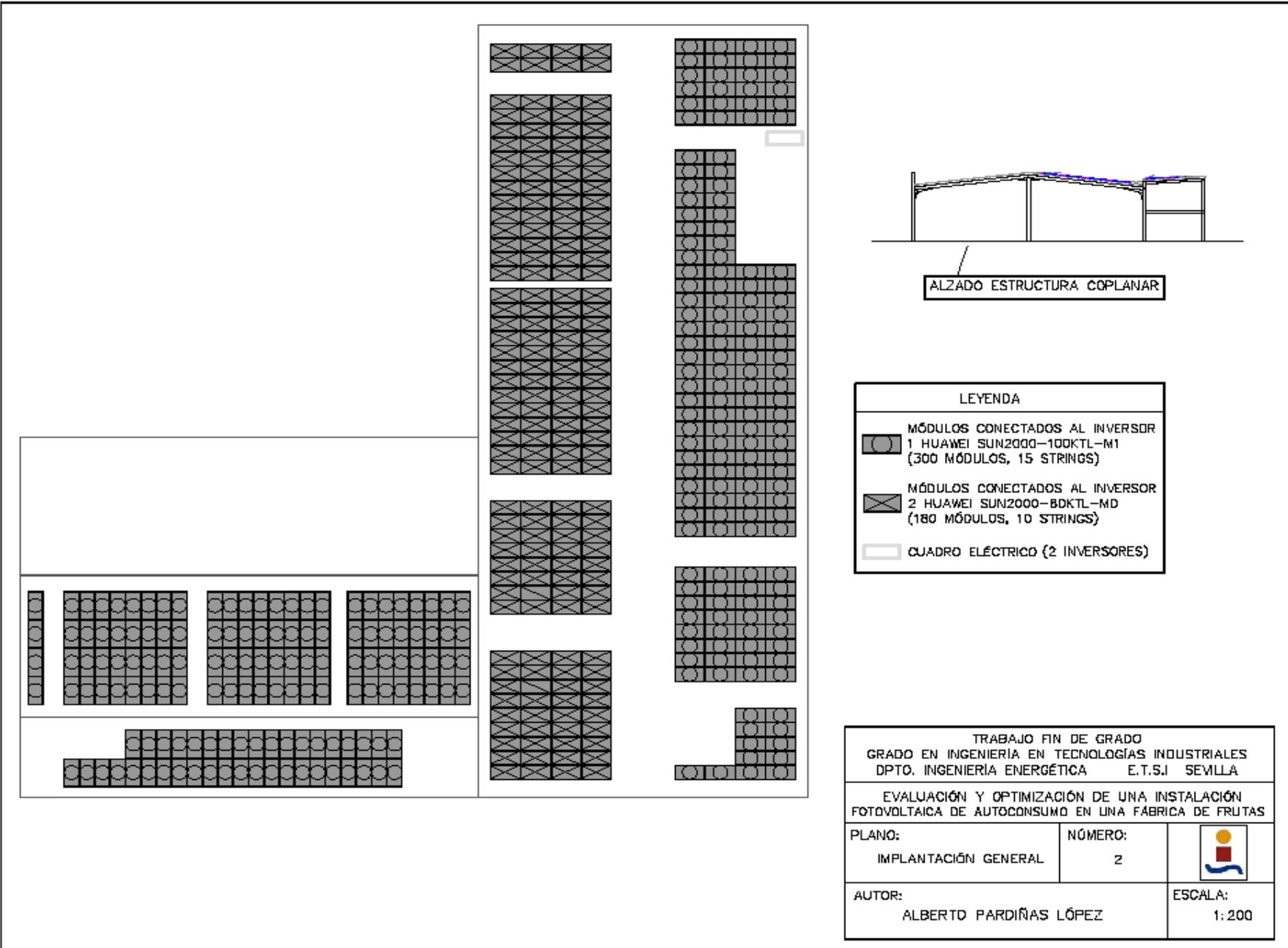
1. Emplazamiento.
2. Implantación general.
3. Interconexión de módulos fotovoltaicos, zona 1.
4. Interconexión de módulos fotovoltaicos, zona 2.
5. Puesta a tierra, zona 1.
6. Puesta a tierra, zona 2.
7. Canalizaciones de baja tensión, zona 1.
8. Canalizaciones de baja tensión zona 2.



TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
DPTO. INGENIERIA ENERGÉTICA E.T.S.I SEVILLA

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FÁBRICA DE FRUTAS

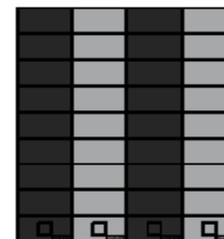
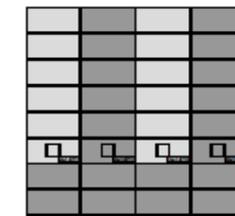
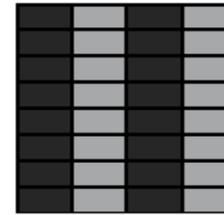
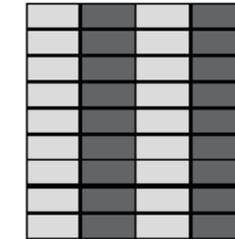
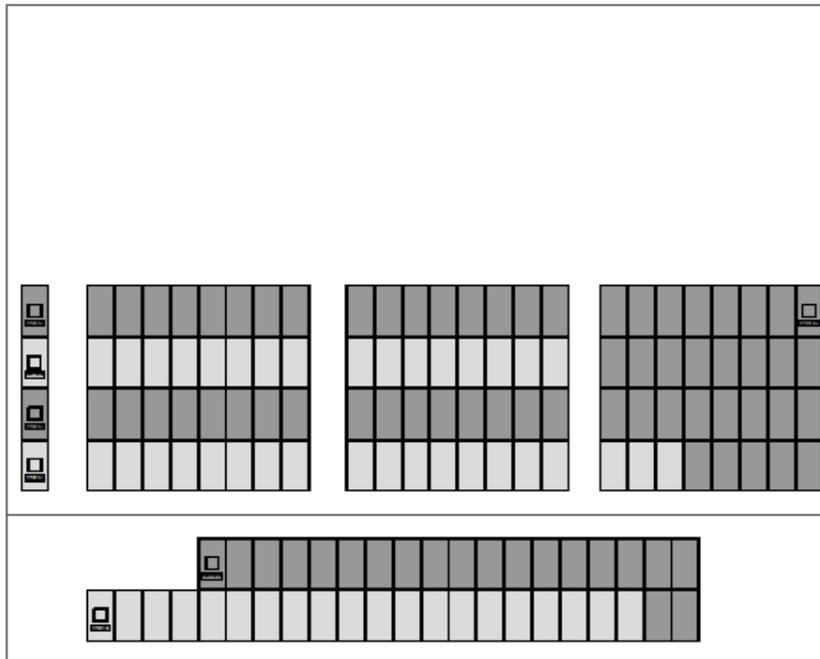
PLANO: EMPLAZAMIENTO	NÚMERO: 1	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ	ESCALA: 1:2000	



ALZADO ESTRUCTURA COPLANAR

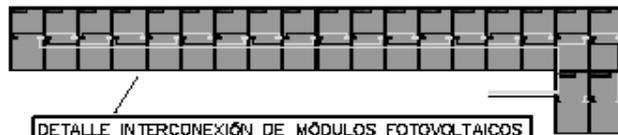
LEYENDA	
	MÓDULOS CONECTADOS AL INVERSOR 1 HUAWEI SUN2000-100KTL-M1 (300 MÓDULOS, 15 STRINGS)
	MÓDULOS CONECTADOS AL INVERSOR 2 HUAWEI SUN2000-BDKTL-MD (180 MÓDULOS, 10 STRINGS)
	CUADRO ELÉCTRICO (2 INVERSORES)

TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FÁBRICA DE FRUTAS		
PLANO: IMPLANTACIÓN GENERAL	NÚMERO: 2	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ		ESCALA: 1:200



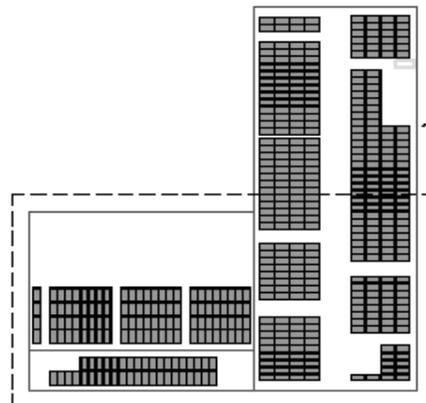
LEYENDA

	STRINGS DE 20 MÓDULOS EN SERIE
	STRINGS DE 20 MÓDULOS EN SERIE
	STRINGS DE 18 MÓDULOS EN SERIE
	STRINGS DE 18 MÓDULOS EN SERIE



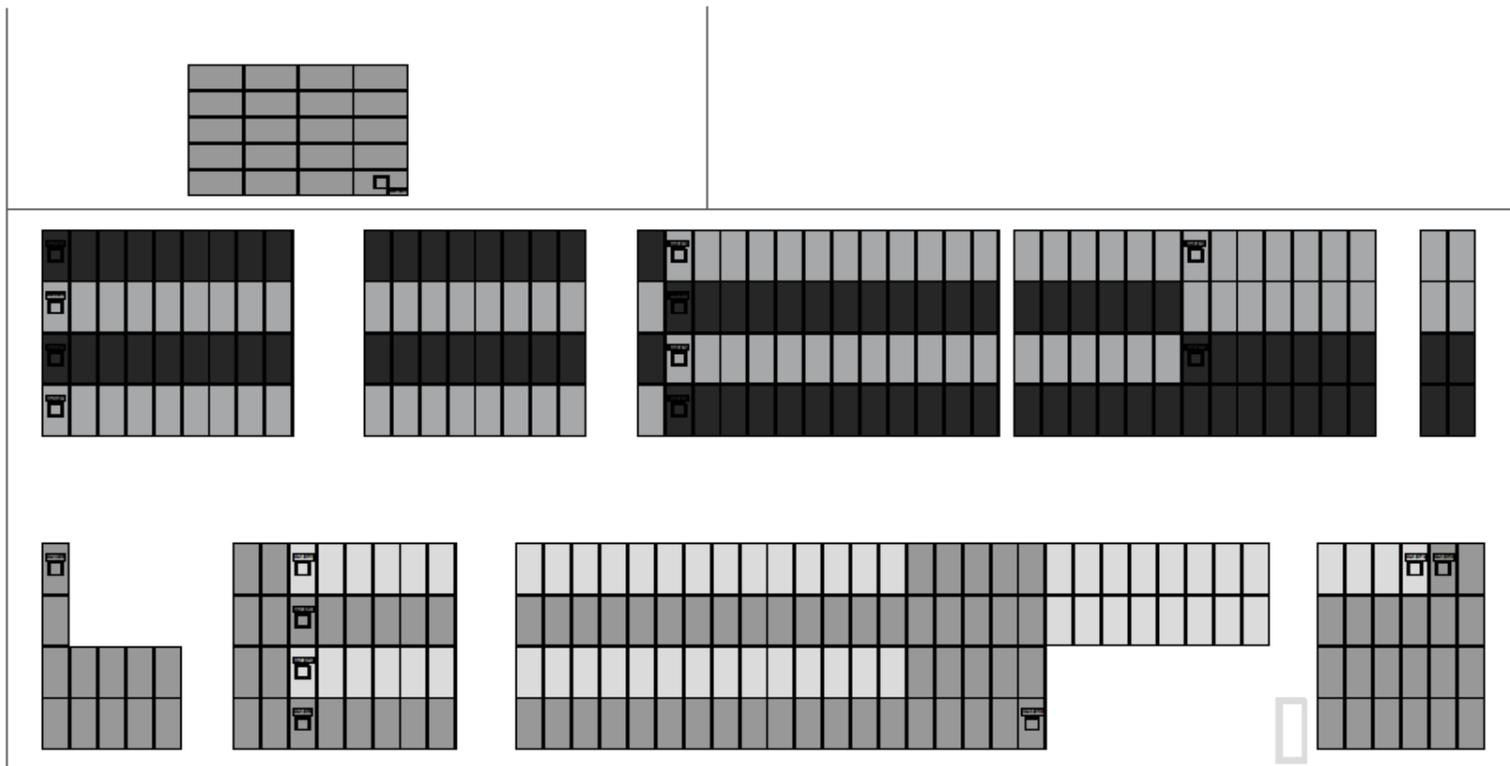
LEYENDA

	CONEXIONADO CABLE POSITIVO
	CONEXIONADO CABLE NEGATIVO

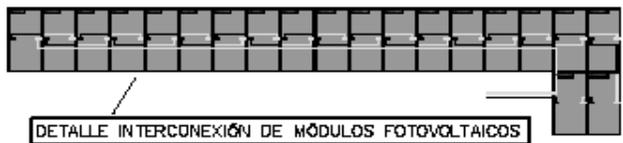


PLANO LLAVE
ESCALA: 1/1000

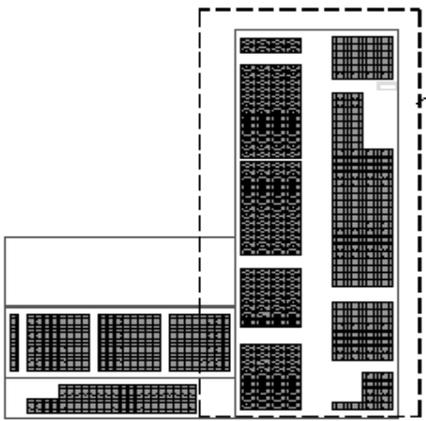
TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERIA ENERGETICA E.T.S.I SEVILLA		
EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FÁBRICA DE FRUTAS		
PLANO: INTERCONEXIONADO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, ZONA 1	NÚMERO: 3	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ	ESCALA: 1:150	



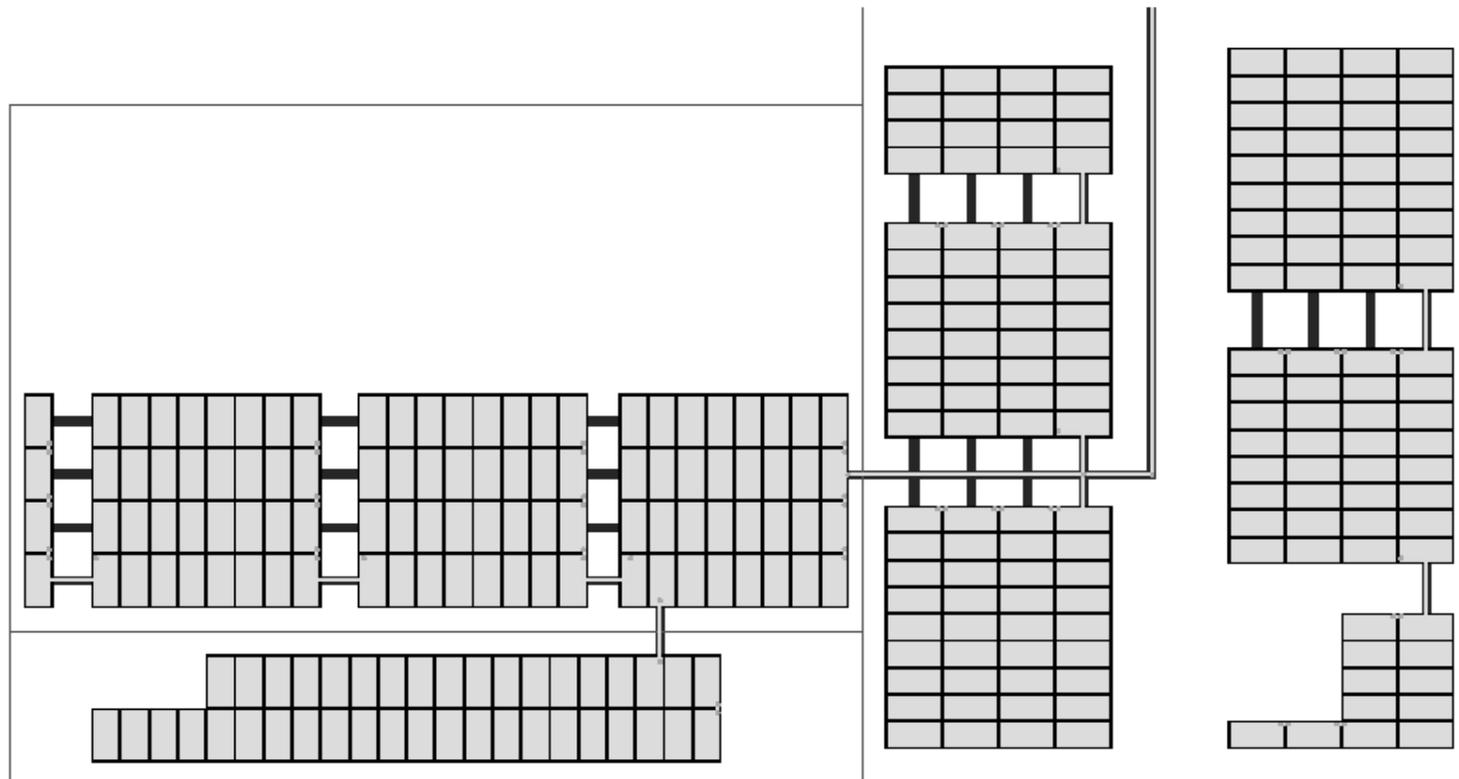
LEYENDA	
	STRINGS DE 20 MÓDULOS EN SERIE
	STRINGS DE 20 MÓDULOS EN SERIE
	STRINGS DE 18 MÓDULOS EN SERIE
	STRINGS DE 18 MÓDULOS EN SERIE



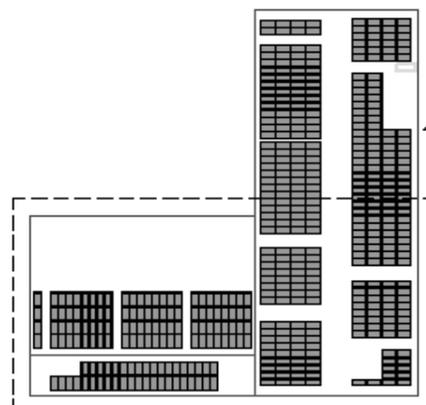
LEYENDA	
	CONEXIONADO CABLE POSITIVO
	CONEXIONADO CABLE NEGATIVO



TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERIA ENERGÉTICA E.T.S.J SEVILLA		
EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FABRICA DE FRUTAS		
PLANO: INTERCONEXIONADO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, ZONA 2	NÚMERO: 4	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ	ESCALA: 1:150	

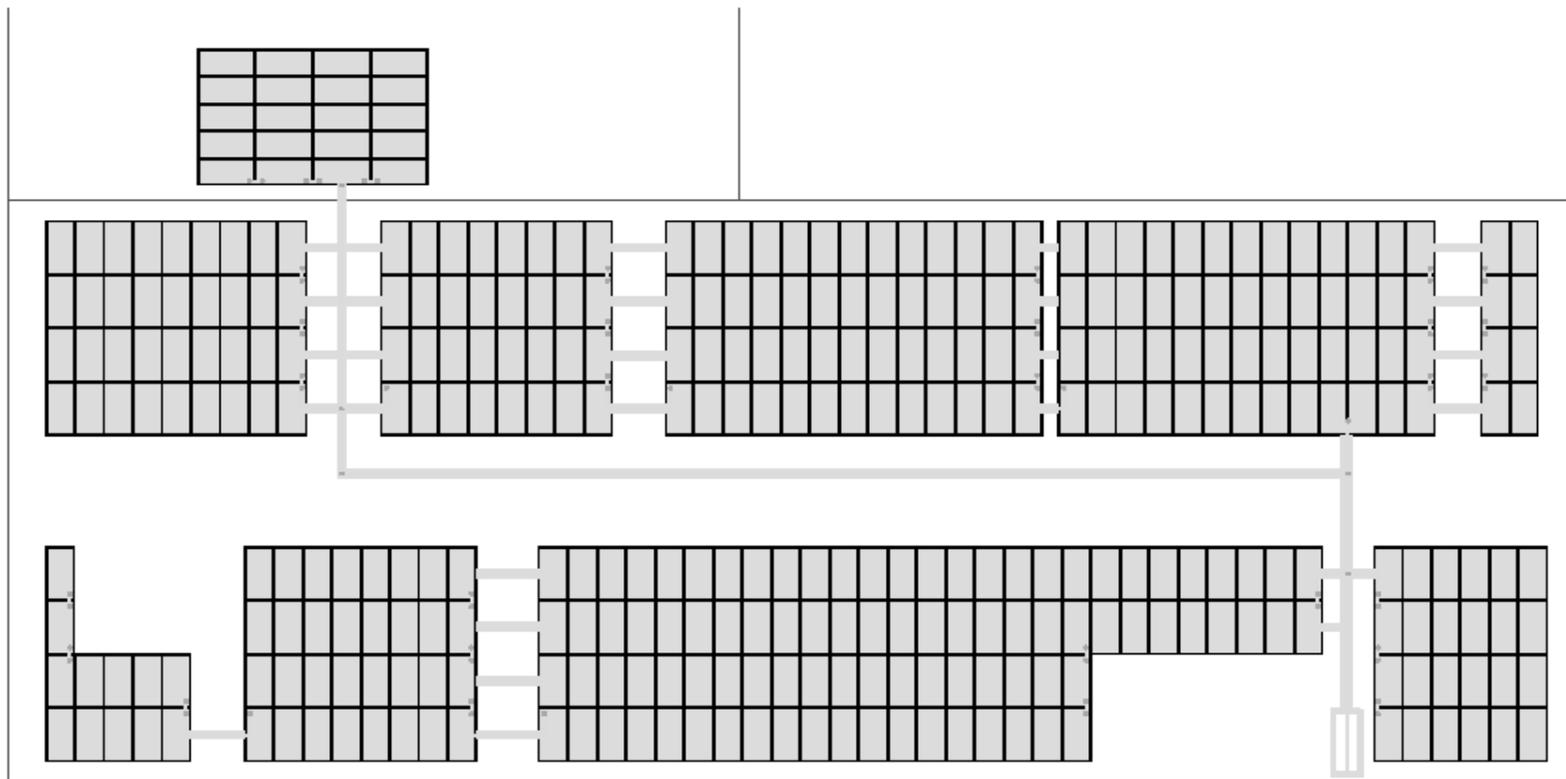


LEYENDA	
	CABLE AISLADO DE COBRE 16mm ² PARA LA PUESTA A TIERRA
	TERMINAL PUESTA A TIERRA EN PERFIL METÁLICO
	BANDEJA METÁLICA CON UNIONES EQUIPOTENCIALES

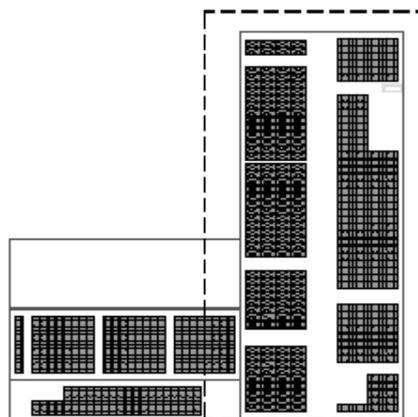


PLANO LLAVE
ESCALA: 1/1000

TRABAJO FIN DE GRADO		
GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		
DPTO. INGENIERIA ENERGÉTICA E.T.S.I SEVILLA		
EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FÁBRICA DE FRUTAS		
PLANO: PUESTA A TIERRA, ZONA 1	NÚMERO: 5	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ		ESCALA: 1:150

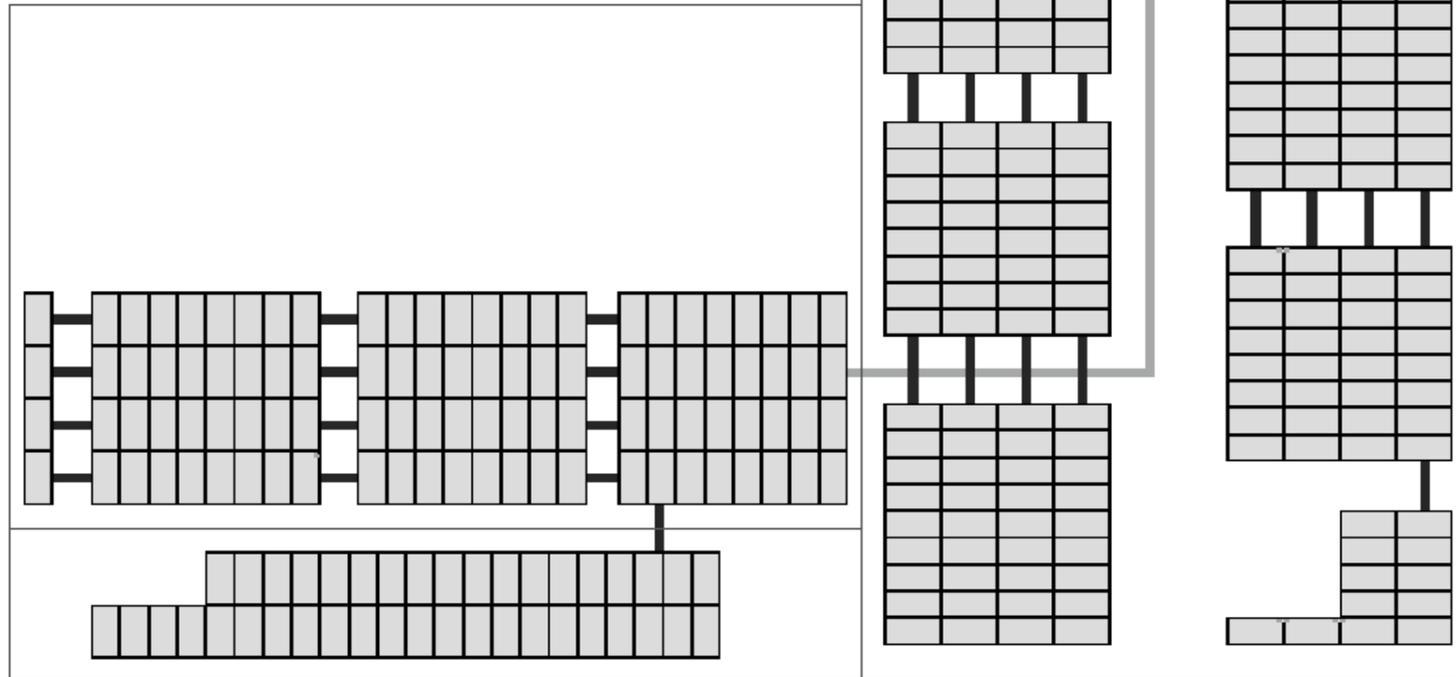


LEYENDA	
	CABLE AISLADO DE COBRE 16mm ² PARA LA PUESTA A TIERRA
	TERMINAL PUESTA A TIERRA EN PERFIL METÁLICO
	BANDEJA METÁLICA CON UNIONES EQUIPOTENCIALES

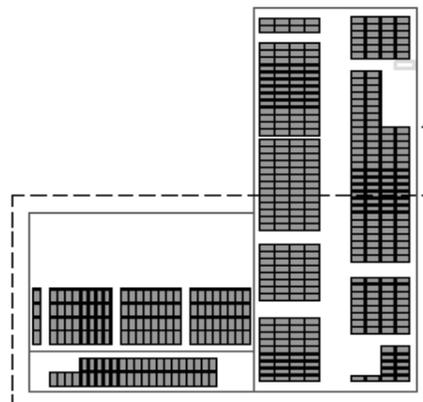


PLANO LLAVE
ESCALA: 1/1000

TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERIA ENERGÉTICA E.T.S.I SEVILLA		
EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FÁBRICA DE FRUTAS		
PLANO: PUESTA A TIERRA, ZONA 2	NÚMERO: 6	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ		ESCALA: 1:150

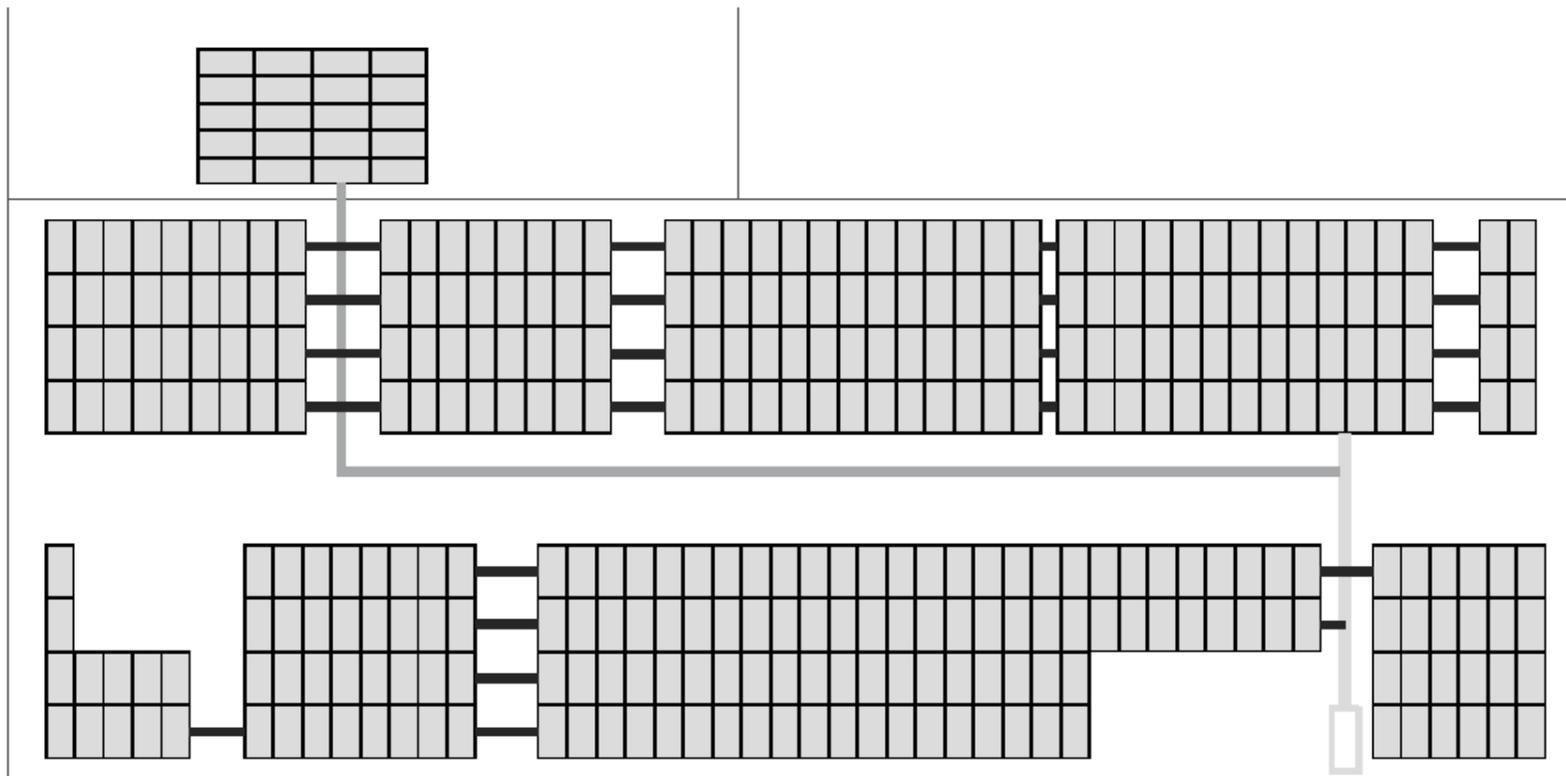


LEYENDA	
	TUBO METÁLICO FLEXIBLE ZAPA DIÁMETRO 40mm
	BANDEJA TIPO REJIBANDA 60x60mm
	BANDEJA TIPO REJIBANDA 100x60mm

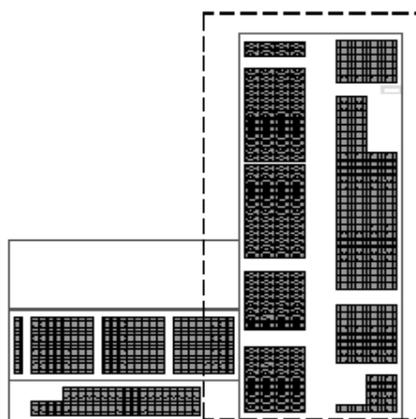


PLANO LLAVE
ESCALA: 1/1000

TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FÁBRICA DE FRUTAS		
PLANO: CANALIZACIONES DE BAJA TENSIÓN, ZONA 1	NÚMERO: 7	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ	ESCALA: 1:150	



LEYENDA	
	TUBO METÁLICO FLEXIBLE ZAPA DIÁMETRO 40mm
	BANDEJA TIPO REJIBANDA 80x80mm
	BANDEJA TIPO REJIBANDA 100x80mm



PLANO LLAVE
ESCALA: 1/1000

TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN UNA FÁBRICA DE FRUTAS		
PLANO: CANALIZACIONES DE BAJA TENSIÓN, ZONA 2	NÚMERO: 8	
AUTOR: ALBERTO PARDIÑAS LÓPEZ	ESCALA: 1:150	

4 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO REAL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Una vez explicado, detalladamente, el diseño de la instalación fotovoltaica a nivel teórico y mediante datos obtenido por diversas simulaciones en distintos softwares, nos centramos en la evaluación del proyecto.

Evaluaremos los siguientes aspectos: producción, consumo, autoconsumo y excedentes. En cuanto al consumo, se ha realizado un estudio de las facturas eléctricas del año 2018 y llegamos a la conclusión de que, al ser un almacén de frutas y verduras, el consumo es similar en horario diurno y nocturno, por lo tanto, es constante a lo largo del mes. Esto no es del todo cierto, ya que durante la jornada laboral tendrá un mayor consumo debido a las pérdidas por infiltraciones en las cámaras frigoríficas del almacén, pero son datos insignificantes en nuestros cálculos.

Pero claro, si fuera constante como hemos mencionado anteriormente no variaría de un mes a otro. Esta variación está relacionada con la demanda del producto, a más demanda, más cámaras frigoríficas conectadas a red y mayor consumo. Es por ello, la diferencia entre los meses de invierno y los de verano.

La producción real se acerca mucho a la aproximación que hicimos en el diseño, los valores reales se parecen mucho a los que salieron en la simulación con el software PVsyst, que podemos encontrarlos en la tabla 5.

Sobre el autoconsumo podemos decir que la instalación es rentable debido a que estos valores representan entre el 85%-95% de la producción. Esto quiere decir que consumimos casi al 100% todo lo que se produce, así cumplimos uno de nuestros objetivos. Por ello, existe un pequeño porcentaje que pertenecen a los excedentes y podemos decir que nuestra instalación esta sobredimensionada alrededor de un 5%-10%.

MES	CONSUMO (kWh)	PRODUCCIÓN FV (kWh)	AUTOCONSUMO (kWh)	EXCEDENTES (kWh)	AUTOCONSUMO (%)	EXCEDENTE (%)
ENE.	52809,75	14393	13538	857,42	25,63%	5,96%
FEB.	48200,4	16502	14539	1965,27	30,16%	11,91%
MAR.	53794,8	24260	20849	3413,01	38,76%	14,07%
ABR.	47822,4	30482	22642	7841,78	47,35%	25,73%
MAY.	62946,45	33097	28875	4222,89	45,87%	12,76%
JUN.	60869,25	34722	29259	5465,32	48,07%	15,74%
JUL.	56338,65	35027	28132	6896,41	49,93%	19,69%
AGO.	48478,05	31156	23869	7289,64	49,24%	23,40%
SEPT.	49263,75	24486	20204	4283,91	41,01%	17,50%
OCT.	50322,15	19411	17289	2123,79	34,36%	10,94%
NOV.	47542,5	14917	13693	1225,77	28,80%	8,22%
DIC.	45945	12655	11497	1161,02	25,02%	9,17%
TOTAL AÑO 1	624.333	291.107	244385	46746	39,14%	16,06%

Tabla 10: Consumos y producción de energía reales por meses

5 COMPARACIÓN ENTRE EL DISEÑO Y EL COMPORTAMIENTO REAL

La comparativa entre el diseño de la instalación fotovoltaica y los datos reales obtenidos recientemente es la mejor manera de ver hasta qué punto sale rentable llevar a cabo este proyecto o no.

Con respecto a los datos de consumo, poco podemos decir ya que eso no depende de nosotros. Pero lo que sí está en nuestras manos es valorar cómo nos hemos adaptado al consumo del cliente llevando a cabo una instalación fotovoltaica de autoconsumo acorde a lo que el cliente exige. El primero de los objetivos, y el más complicado, es que los datos de consumo sean similares a los datos de autoconsumo. Para ello, nos basamos en los datos recogidos durante el año 2019.

Como hemos explicado anteriormente, dicha fábrica tiene un consumo similar tanto por el día como por la noche, por lo tanto, este objetivo no lo cumpliremos con la instalación descrita anteriormente.

Proponiéndonos objetivos reales y que estén a nuestro alcance llegamos a la conclusión de que debemos cumplir que los datos de autoconsumo sean del orden de los datos de producción para así ver que consumimos la mayoría de lo que producimos y no tiramos nuestra propia producción.

CONSUMO (kWh)		
MES	TEÓRICO	REAL
ENERO	58.678	52.810
FEBRERO	53.556	48.200
MARZO	59.772	53.795
ABRIL	53.136	47.822
MAYO	69.941	62.946
JUNIO	67.633	60.869
JULIO	62.599	56.339
AGOSTO	53.865	48.478
SEPTIEMBRE	54.738	49.264
OCTUBRE	55.914	50.322
NOVIEMBRE	52.825	47.543
DICIEMBRE	51.050	45.945
TOTAL	693.704	624.333

Tabla 11: Comparación de datos de consumo teóricos con los reales

PRODUCCIÓN FV (kWh)		
MES	TEÓRICO	REAL
ENERO	14.629	14.393
FEBRERO	17.852	16.502
MARZO	25.995	24.260
ABRIL	30.981	30.482
MAYO	34.965	33.097
JUNIO	36.958	34.722
JULIO	37.055	35.027
AGOSTO	33.319	31.156
SEPTIEMBRE	26.473	24.486
OCTUBRE	20.402	19.411
NOVIEMBRE	14.731	14.917
DICIEMBRE	12.895	12.655
TOTAL	306.255	291.107

Tabla 12: Comparación de datos de producción teóricos con los reales

AUTOCONSUMO (kWh)		
MES	TEÓRICO	REAL
ENERO	13.978	13.538
FEBRERO	15.840	14.539
MARZO	22.663	20.849
ABRIL	24.168	22.642
MAYO	31.187	28.875
JUNIO	31.828	29.259
JULIO	30.678	28.132
AGOSTO	26.150	23.869
SEPTIEMBRE	22.128	20.204

OCTUBRE	18.477	17.289
NOVIEMBRE	13.809	13.693
DICIEMBRE	11.900	11.497
TOTAL	262.808	244.385

Tabla 13: Comparación de datos de autoconsumo teóricos con los reales

EXCEDENTES (kWh)		
MES	TEÓRICO	REAL
ENERO	653	857
FEBRERO	2.014	1.965
MARZO	3.334	3.413
ABRIL	6.815	7.842
MAYO	3.780	4.223
JUNIO	5.131	5.465
JULIO	6.379	6.896
AGOSTO	7.171	7.290
SEPTIEMBRE	4.346	4.284
OCTUBRE	1.927	2.124
NOVIEMBRE	925	1.226
DICIEMBRE	997	1.161
TOTAL	43.472	46.746

Tabla 14: Comparación de datos de excedentes teóricos con los reales

6 ALTERNATIVAS DE AMPLIACIÓN

6.1. Incorporación de capacidad de almacenamiento

Vamos a plantear la opción de añadir una batería a nuestra instalación ya diseñada y en funcionamiento para analizar hasta qué punto saldría rentable, o no, aprovechar nuestro excedente en franjas horarias en la que no tenemos producción.

Antes de comenzar nuestro análisis hay que saber que este tipo de instalaciones son bastantes caras y que, a día de hoy, se encuentra en pleno desarrollo para que los clientes alcancen una buena rentabilidad de ellas.

El análisis consiste en lo siguiente: imponemos como precio de la batería 170€/kWh de almacenamiento con una vida útil de 1460 ciclos, corresponde a 5 años. Mi almacenamiento lo autoconsumiré en las horas punta que no tenga producción y calcularé cuánto pago por ese consumo que compro a la red sin tener batería durante esos 5 años.

Lo primero que se plantea es: análisis de los excedentes diarios e incorporar a la instalación una batería de capacidad el máximo almacenamiento que podemos llegar a lo largo de un día durante un año. Se ha cogido como año de referencia 2019 y obtenemos que la capacidad de la batería es de 1 MWh.

Para nuestro primer caso, tendríamos un coste de batería de 170.000€ a amortizar en 5 años. Nuestras facturas anuales sin batería se moverían alrededor de los 40.000€, por lo que pagaríamos un total de 200.000€ cada 5 años. Según el estudio realizado, con los precios de la electricidad del año 2019, 0,1115€/kWh, esta alternativa **no** saldría rentable.

	Sin batería	Con batería
Factura anual luz (€)	40.026,93	37.642,63
Factura (5 años) (€)	200.134,63	188.213,14
Coste instalación (€)	-	170.000,00
TOTAL (€)	200.134,63	358.213,14

Tabla 15: Presupuesto con batería (1 MWh)

Cierto es que ahorraríamos en cuanto al consumo de energía de la red, se consumiría un 90% de los excedentes que generamos, pero la gran inversión inicial de la batería hace que esta alternativa no salga adelante, ya que pasaríamos de pagar 200.000€ a 358.000€, una gran diferencia económica.

En el segundo caso, hacemos una media entre los excedentes anuales totales y los días en los que los generamos, ya que todos los días no tenemos excedentes. Dicho cálculo es el siguiente: 46,75 MWh de excedentes anuales entre los 315 días en los que se generan nos sale que la capacidad de nuestra nueva batería sería de 148,4 kWh.

Con esta batería aprovecharíamos sólo la mitad de los excedentes que generamos y, aun así, la instalación saldría a un total de 220.000€ cada 5 años. Al tener una batería con menor capacidad ahorraríamos en la inversión inicial, pero está demostrado que a la larga seguiríamos pagando más, en este caso 20.000€ más que sin batería.

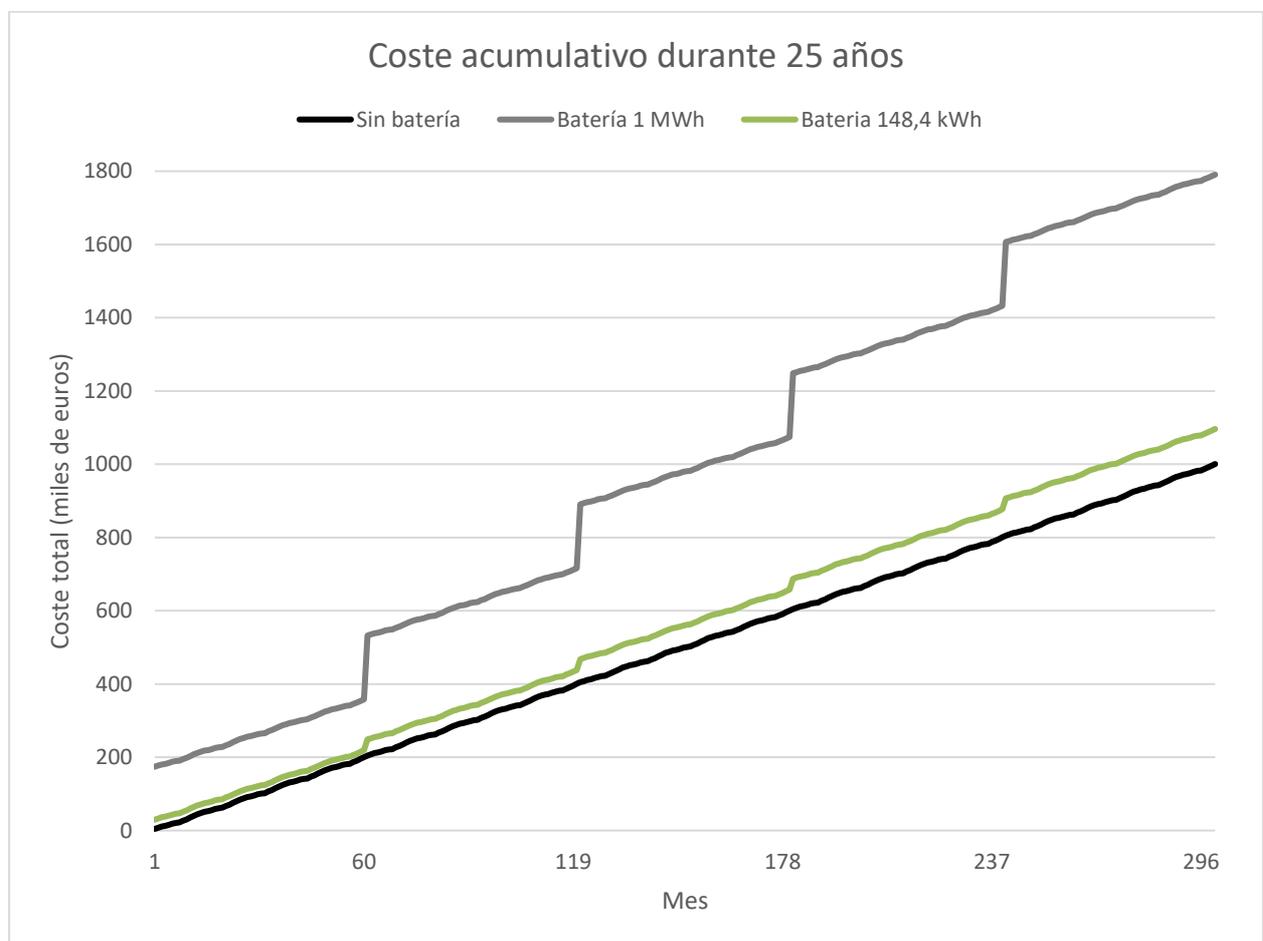
	Sin batería	Con batería
Factura anual luz (€)	40.026,93	38.805,60
Factura (5 años) (€)	200.134,63	194.027,99
Coste instalación (€)	-	25.228,00
TOTAL (€)	200.134,63	219.255,99

Tabla 16: Presupuesto con batería (148,4 kWh)

En la siguiente gráfica, se aprecia de otra manera los cálculos de los que hemos hablado anteriormente en las tablas 15 y 16. En primer lugar vamos a comentar la tendencia de la batería de 1 MWh y vemos como ya desde el primer mes la inversión es más alta que en el caso base y que, debido a la poca vida útil de la misma, cada 5 años volveríamos a tener una gran inversión en nuestra instalación.

Dichas cifras están basadas en un cálculo que se tiene en cuenta únicamente los pagos por facturas eléctricas y las diversas inversiones que se hacen a lo largo de este período, no se tiene en cuenta el coste de la inversión inicial para la instalación original. Para la batería de 1 MWh no se aprecia tanto el ahorro económico en facturas eléctricas, pero para la segunda propuesta veremos como se desarrollan estos gastos.

En segundo lugar, nos fijamos en el gráfico de la batería de 148,4 kWh. Se aprecia como la diferencia económica durante los primeros 5 años es mínima y amortizaríamos la primera inversión en dicho período, pero, como ya venimos comentando, cada 5 años tocaría volver a cambiar de batería, lo que ya dispara el presupuesto económico y decidimos que ninguna de las dos alternativas que proponemos saldría rentable.



Gráfica 1: Coste acumulado proponiendo 2 tipos de baterías

Nos vamos a centrar en los 10 primeros años para ver de una forma más clara la gráfica anterior. En esta se aprecia como la tendencia de los gastos para la batería de 148,4 kWh se encuentra con el caso de sin batería. Esto refleja que con la batería ahorramos en el consumo de la red pero en cuanto realizas la segunda inversión se ve como se separan ambas gráficas. Para la gráfica de la batería de 1 MWh ya aclaramos anteriormente que la gran inversión inicial dispararía nuestros gastos, que nunca amortizaríamos.

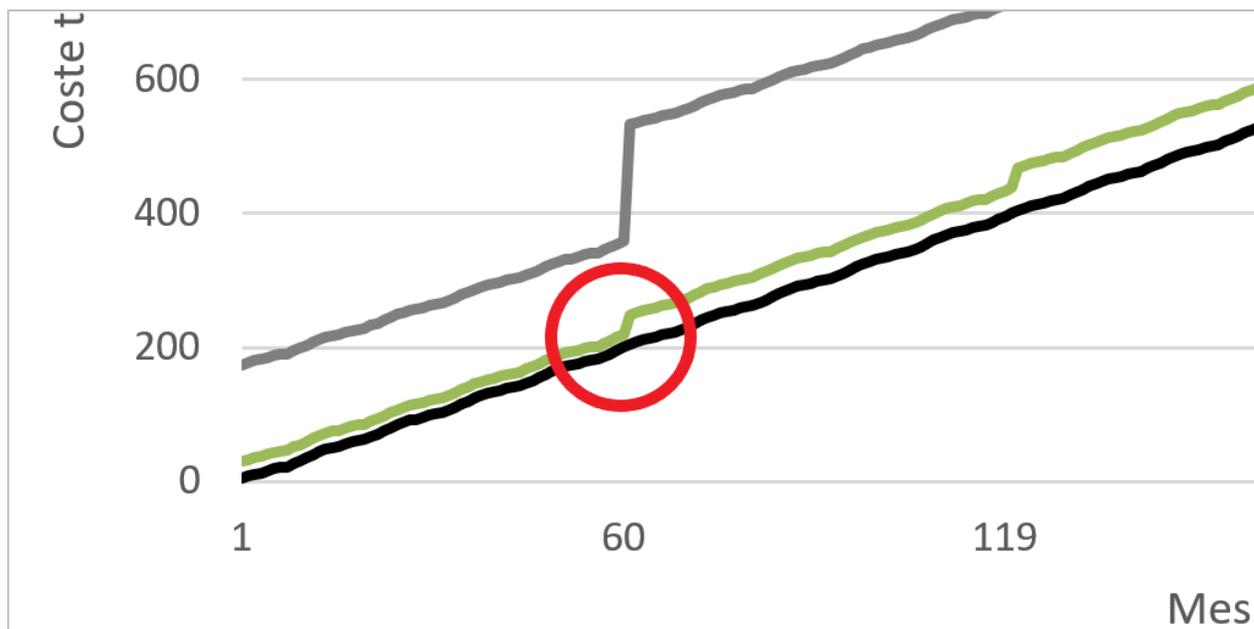
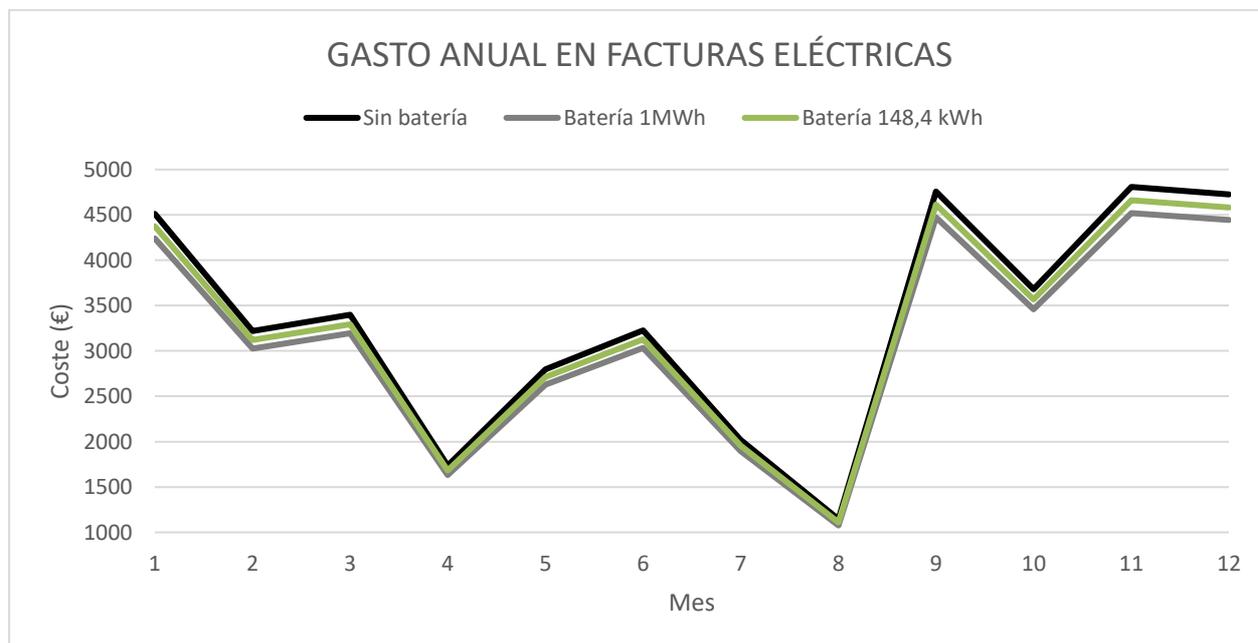


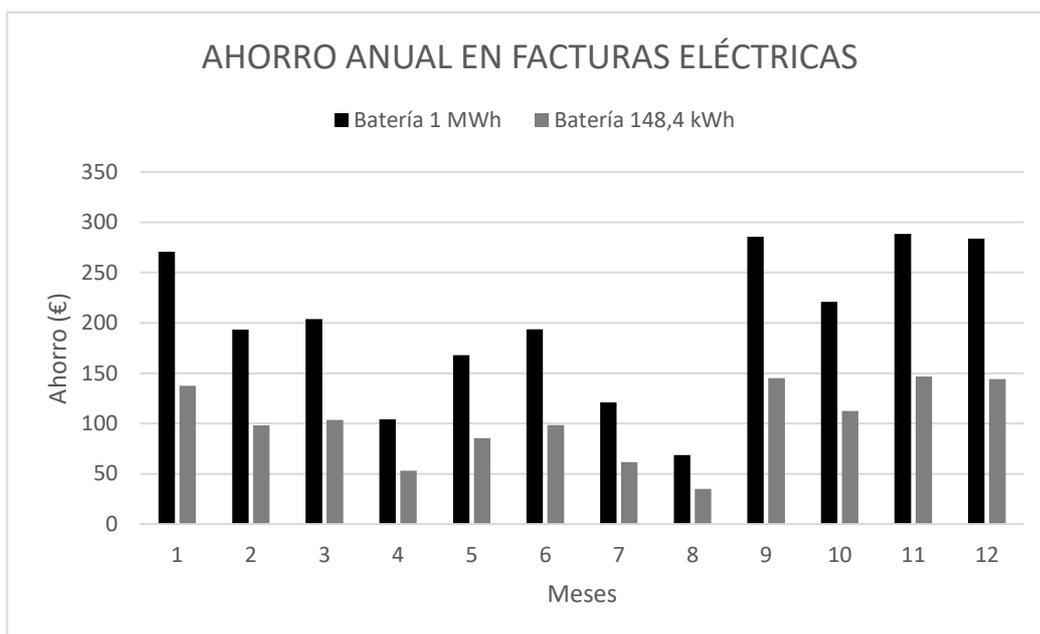
Figura 10: Respresentación ampliada del gasto acumulativo para el caso de baterías

Por ultimo, representamos la tendencia de los gastos en facturas eléctricas en los tres casos: sin batería, con una batería de 1 MWh y con una batería de 148,4 kWh. Por si no fuera suficiente el razonamiento anterior, lo confirmamos con dicha gráfica, en la que se aprecia que el ahorro económico es insignificamente frente al coste de inversión que conlleva cada una de ellas.



Gráfica 2: Gasto anual en facturas eléctricas incorporando baterías

En relación a la gráfica anterior, vamos a representar gráficamente el ahorro mensual para ver de forma más clara la influencia de las dos nuevas instalaciones que proponemos. Para el caso de la batería de 1 MWh tendríamos un ahorro en facturas eléctricas del 6% y para la batería de 148,4 kWh un 3%:



Gráfica 3: Ahorro anual en facturas eléctricas para el caso de baterías

6.2. Ampliar la potencia fotovoltaica instalada

Para modificar la potencia instalada, he decidido ampliar la potencia instalada un 30%, 50%, 75% y 100%. Con estos diseños pretendemos aprovechar más la energía producida y, aunque tengamos una mayor cantidad de excedentes, autoconsumiremos más.

Una cosa que hay que tener en cuenta, y que no puede pasar desapercibido, es que el consumo de nuestra fábrica va a ser el mismo que anteriormente, por mucho que ampliemos nuestra instalación fotovoltaica el consumo permanece constante.

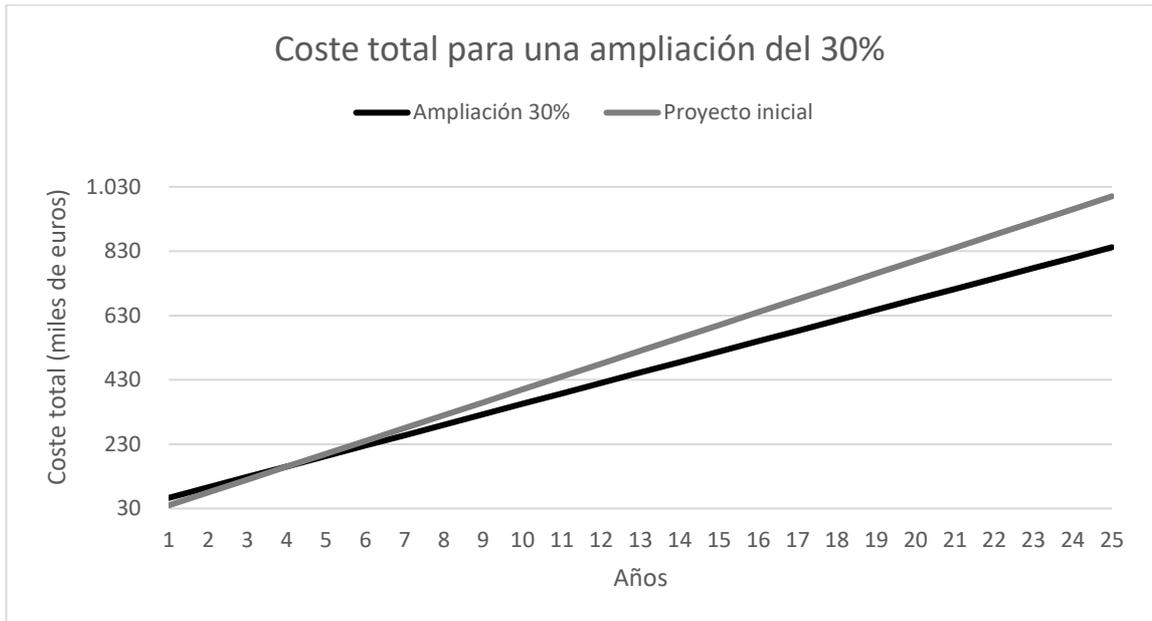
A simple vista parece una buena opción pero lo veremos reflejado con más claridad en la siguiente tabla comparativa, entre la instalación real y nuestra propuesta de ampliación. Pondremos de ejemplo la tabla con las estimaciones para el caso de una ampliación del 30% y se verán los cálculos realizados posteriormente en las gráficas para el resto de propuestas:

MES	PRODUCCIÓN (kWh)	EXCEDENTES (kWh)	CONSUMO (kWh)	AUTOCONSUMO (kWh)	AUTOCONSUMO (%)
1	18.710,45	2.352,10	52.809,75	16.361,59	31%
2	21.452,88	4.280,40	48.200,40	17.174,96	36%
3	31.537,98	8.018,06	53.794,80	23.522,52	44%
4	39.626,12	14.891,33	47.822,40	24.737,20	52%
5	43.025,63	10.864,40	62.946,45	32.163,35	51%
6	45.139,03	12.839,76	60.869,25	32.301,28	53%
7	45.534,54	15.310,10	56.338,65	30.226,53	54%
8	40.503,34	14.988,78	48.478,05	25.516,85	53%
9	31.832,17	9.110,45	49.263,75	22.724,09	46%
10	25.233,70	5.068,50	50.322,15	20.168,01	40%
11	19.391,74	3.143,04	47.542,50	16.251,76	34%
12	16.452,10	2.483,35	45.945,00	13.971,97	30%
TOTAL	378.439,68	103.350,27	624.333,15	275.120,10	44%

Tabla 17: Datos de la nueva propuesta de ampliación de la instalación fotovoltaica al 30%

Con los datos expuestos anteriormente y realizando los cálculos correspondientes, llegamos a varias conclusiones significativas, y a valorar dentro del nuevo proyecto que se propone. La primera de ellas es que autoconsumiríamos el 44% de la producción, cuando en la instalación original nos encontramos con un 39,14%, lo que se verá reflejado posteriormente en las facturas eléctricas.

A priori parece que autoconsumir alrededor de un 5% más de la producción anual no es una cifra importante, pero se puede apreciar en la siguiente gráfica como serían nuestros costes de la instalación original frente a los de la nueva instalación. Tal y como venimos haciendo en el caso con baterías, no se tiene en cuenta el coste de la inversión de la instalación original, que sería la misma para ambos casos. Solo tenemos en cuenta la inversión de la nueva instalación y de las tarifas eléctricas, y esto lo aplicaremos para el resto de casos:

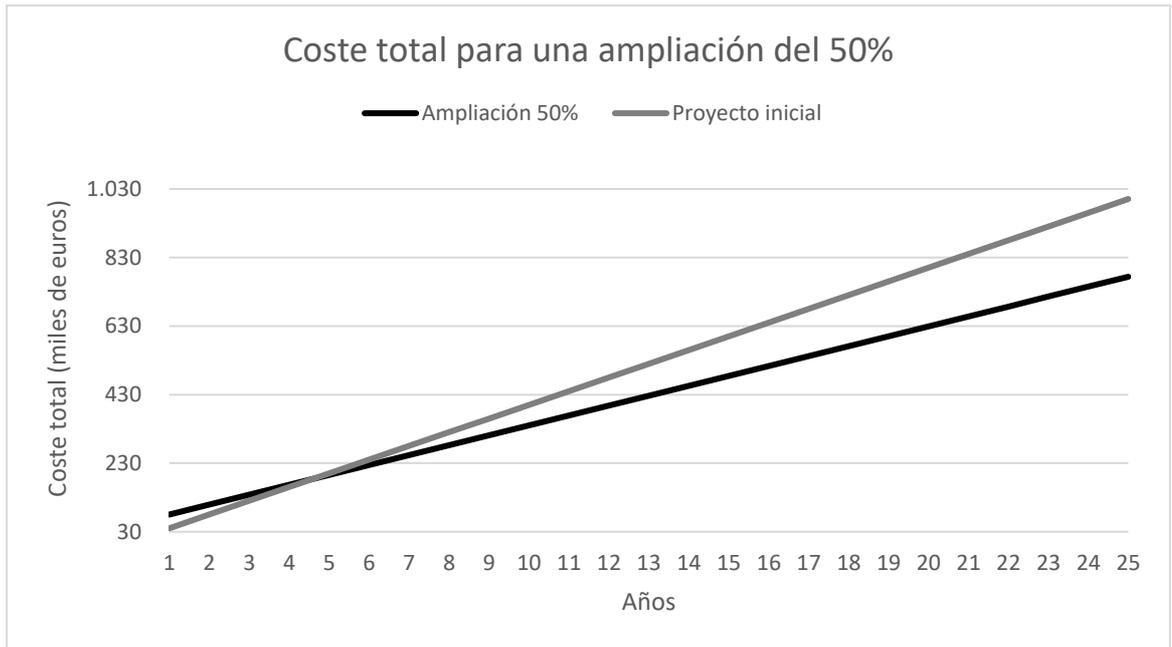


Gráfica 4: Coste total para una ampliación del 30% de la potencia fotovoltaica instalada

Cierto es que ampliar la instalación conlleva una alta inversión, casi 31.000€ sobre el presupuesto original pero como se puede ver, ahorraríamos entre 7.000€ y 8.000€ anuales durante 25 años, lo que haría un total de casi 160.000€.

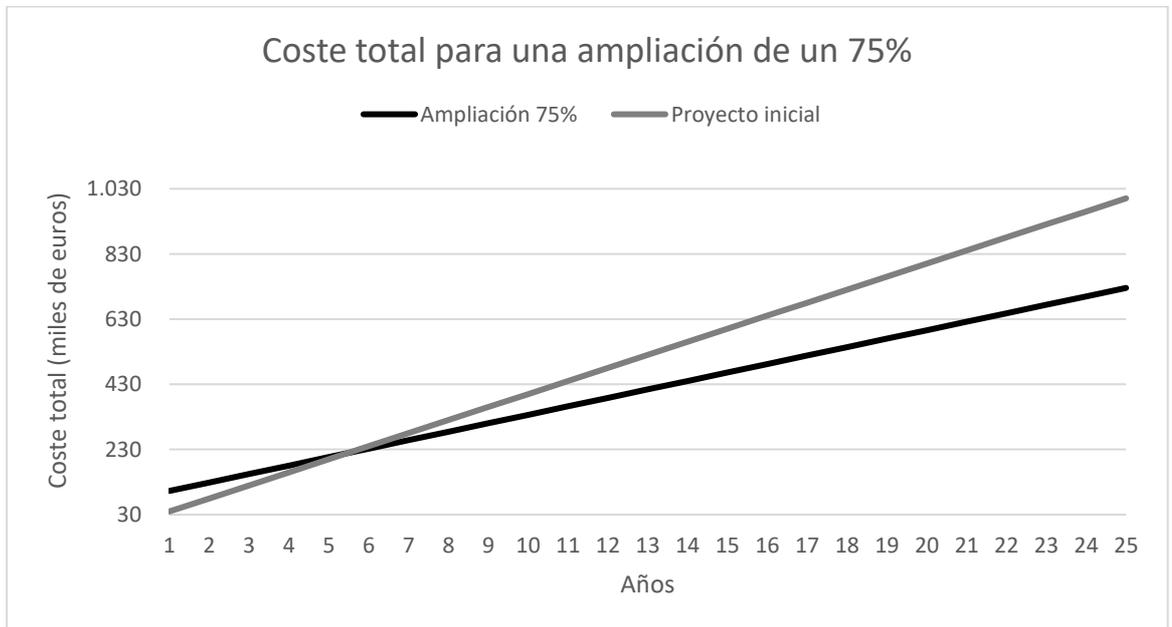
Una vez llegado a este punto, nos planteamos que pasaría si ampliáramos aún más la potencia fotovoltaica instalada. Para ello, he simulado 3 casos diferentes: ampliando hasta el 50%, 75% y, por último, el 100%.

Comenzamos viendo el caso de la ampliación al 50%, donde veremos que el porcentaje de autoconsumo seguirá subiendo pero ya no será tan notable a simple vista como en el caso anterior. Con dicha instalación autoconsumiríamos solo un 2% más que el caso anterior de la producción anual, un 7% más que en el caso base. Económicamente hablando, ampliar la instalación costaría hasta 52.000€ sobre el presupuesto original pero ahorraríamos hasta 225.000€ en 25 años, ya que estaríamos hablando de ahorrar alrededor de los 10.000€ anuales.



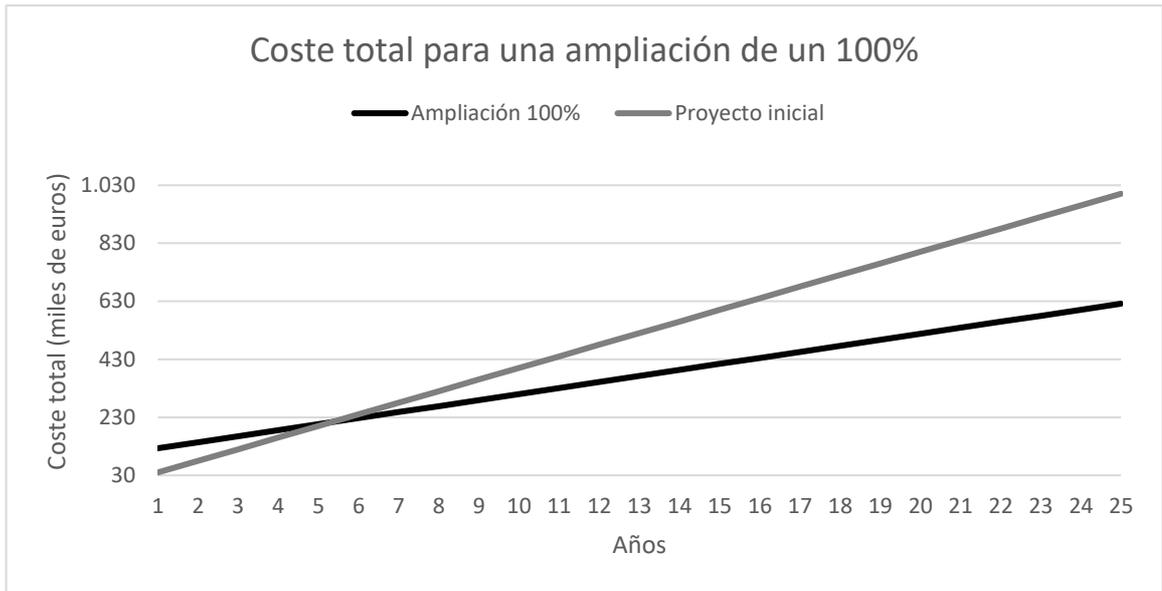
Gráfica 5: Coste total para una ampliación del 50% de la potencia fotovoltaica instalada

En el caso de que ampliáramos la potencia fotovoltaica instalada hasta un 75% más, nos saldría llevar a cabo la instalación 77.000€ sobre el presupuesto inicial, inversión que recuperaremos a lo largo de los años y que se reflejará en las facturas eléctricas anuales, ya que tendríamos un ahorro alrededor de 15.000€/año y 275.000€ cada 25 años. A nivel energético, aprovecharíamos un 2% más la producción, alcanzando hasta un 9% más que la instalación original.



Gráfica 6: Coste total para una ampliación del 75% de la potencia fotovoltaica instalada

Por último, en el caso en que la ampliación fuera hasta el 100% de la potencia fotovoltaica instalada, autoconsumiríamos solamente un 1% más que en el caso anterior. La primera impresión no es muy buena desde el punto de vista energético, ya que el porcentaje es insignificante, pero desde el punto de vista económico es un cambio muy notable como podemos ver en la gráfica siguiente. En un período de 25 años alcanzaríamos un ahorro de 380.000€, partiendo de que la inversión inicial para este caso sería de 103.000€ sobre el presupuesto original.



Gráfica 7: Coste total para una ampliación del 100% de la potencia fotovoltaica instalada

7 CONCLUSIÓN

Para obtener las conclusiones volveremos al método con el que hemos desarrollado este proyecto, primero sacaremos las conclusiones relacionadas con el tema de incorporación de baterías, luego pasaremos a las conclusiones de la ampliación de nuestra potencia instalada y, por último, una conclusión final a modo de resumen.

Con respecto al tema de las baterías, hemos podido comprobar que a día de hoy es muy complicado elegir esta opción debido a la gran inversión inicial que supone. Energéticamente hablando, sí hemos demostrado que ahorramos en electricidad gracias a nuestro gran aprovechamiento de estas pero, en definitiva, no sale rentable instalar una batería con una vida útil de 5 años, aproximadamente, ya que ese período no es suficiente para, no solo amotizar la batería, sino sacarle beneficio o ahorro a ese proyecto.

Por otra parte, hablamos de qué pasaría si ampliáramos un tanto por ciento más nuestra potencia fotovoltaica instalada. Para ello, hemos propuesto cuatro casos diferentes, hemos comprobado cómo nuestro autoconsumo va aumentando y se va adaptando a nuestro consumo original, somos conscientes de que se suman grandes costes en modo de inversión inicial pero llegamos a la conclusión de que, aunque estas cantidades sean altas, al quinto año tendríamos amortizada nuestra ampliación de la instalación. Pero no solo conforme con eso, también tendríamos un gran ahorro económico durante los próximos veinte años.

En conclusión, hemos comprobado y demostrado que la alternativa de incorporar baterías a nuestra instalación de ninguna forma saldría rentable desde el punto de vista económico, cumpliría solo el requisito energético, pero con la otra alternativa cumplimos ambos objetivos, por lo que podría ser una buena alternativa a tener en cuenta para un estudio de trabajo futuro.

8 BIBLIOGRAFÍA

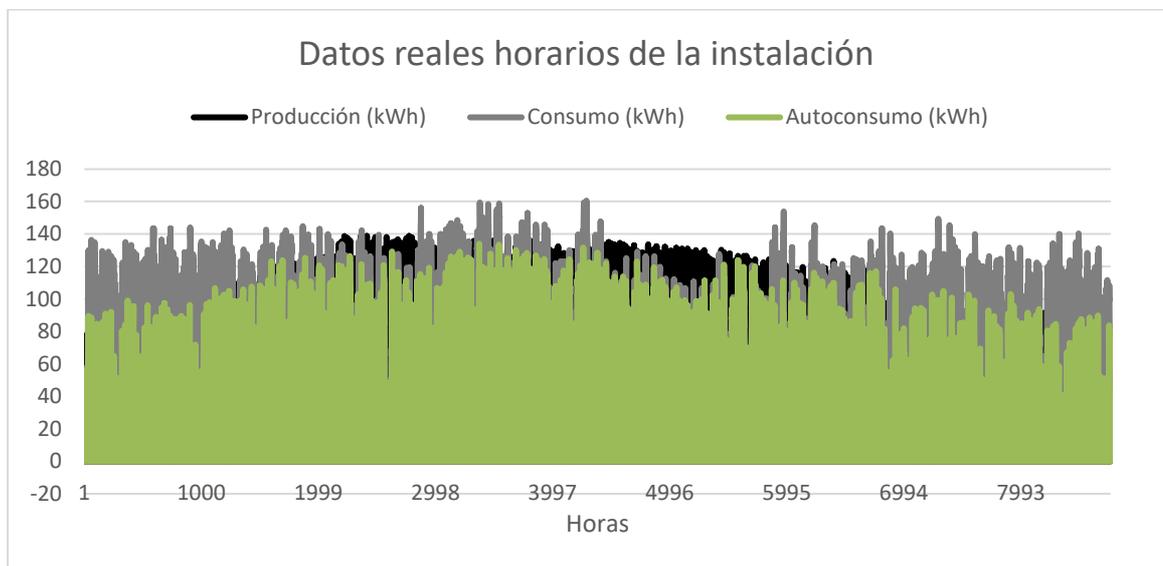
[1] Red Eléctrica de España. (01-2022). *Integración de renovables*. <https://www.ree.es/es/red21/integracion-de-renovables>. (Ultimo acceso on line 10 marzo 2022)

[2] Red Eléctrica de España. (01-2022). *Término de facturación de energía activa del PVPC*. <https://www.esios.ree.es/es/pvpc?date=01-01-2019>. (Ultimo acceso on line 10 marzo 2022)

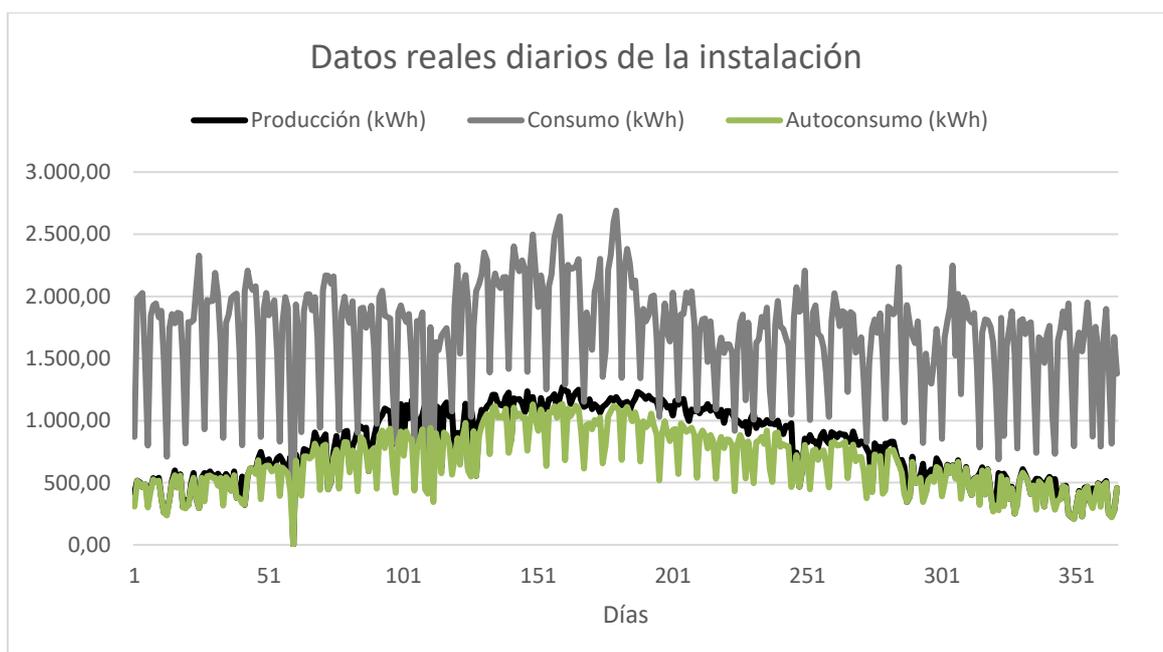
ANEXO I- DATOS Y ESTAMACIONES UTILIZADOS EN EL PROYECTO EN BASE HORARIA

En el presente anexo, vamos a representar gráficamente los datos y estimaciones en los que se han basado los cálculos de nuestro proyecto. Dichos cálculos los representaremos en base horaria, diaria y mensual.

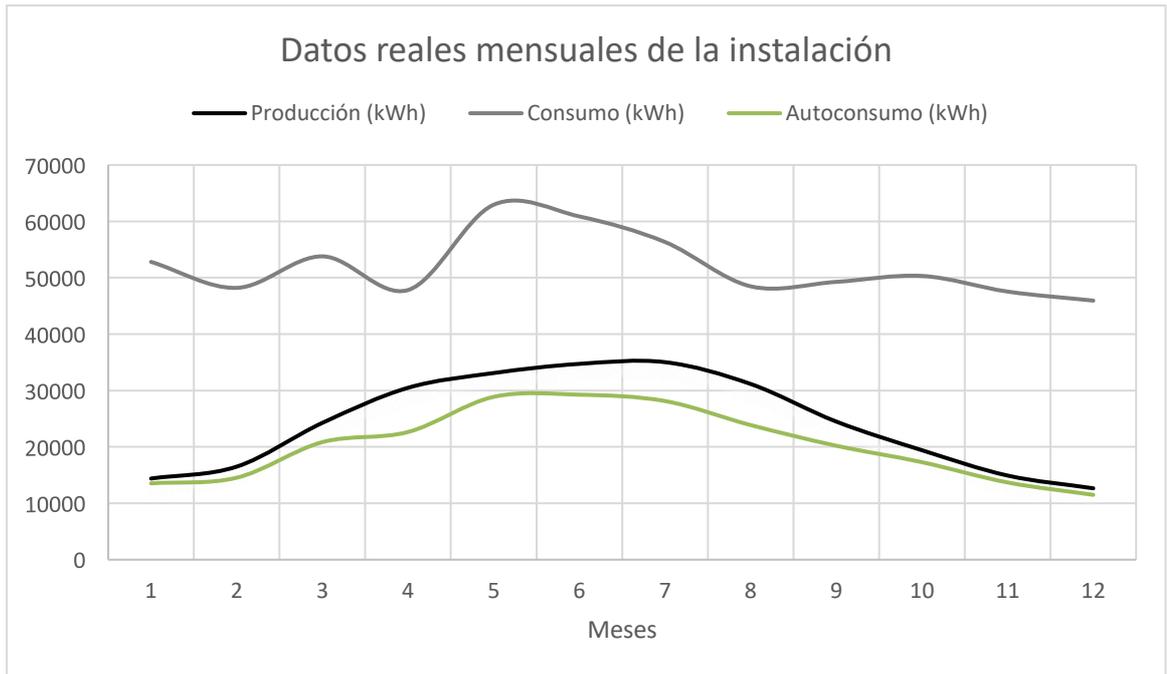
Comenzamos con las representaciones de gráficas de la instalación original y, una vez definida esta, pasaremos a la representación de las diferentes variables para las distintas propuestas.



Gráfica 8: Datos reales horarios de la instalación original

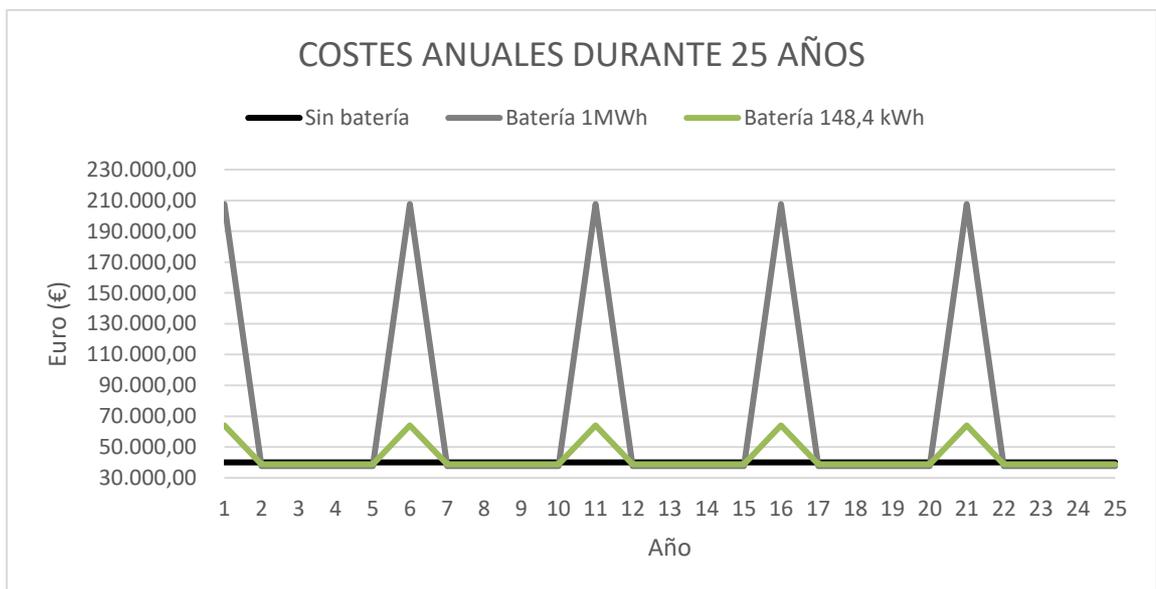


Gráfica 9: Datos reales diarios de la instalación original



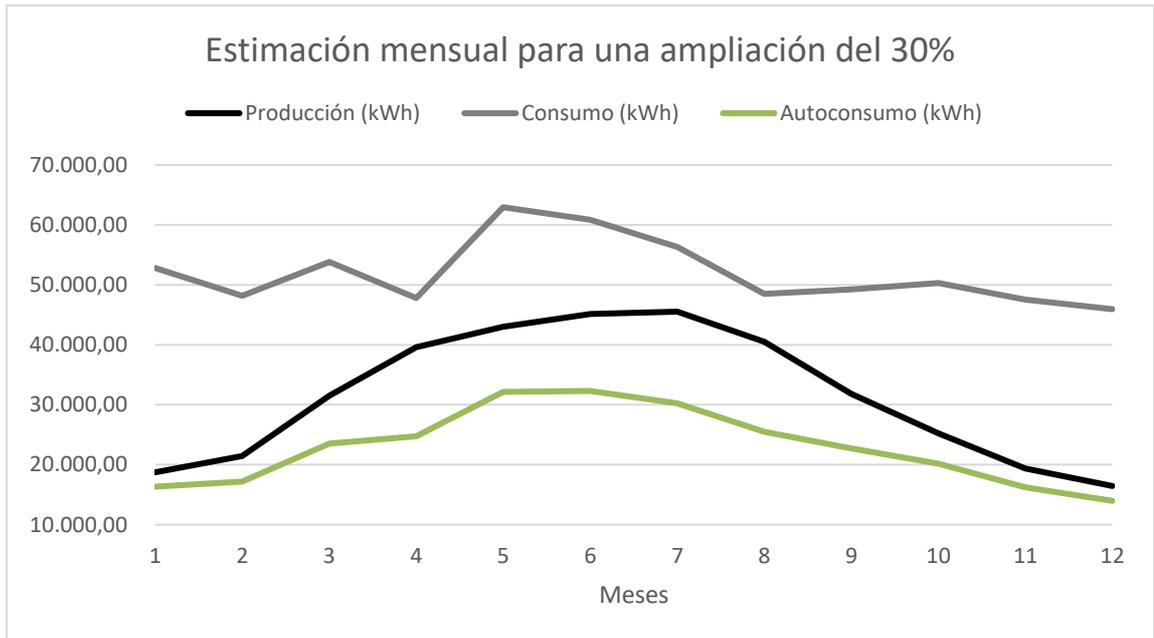
Gráfica 10: Datos reales mensuales de la instalación original

Una vez representados los valores de nuestra instalación fotovoltaica, pasamos a representar los gastos que conlleva la incorporación de baterías y de los que ya hemos hablado en su apartado correspondiente.

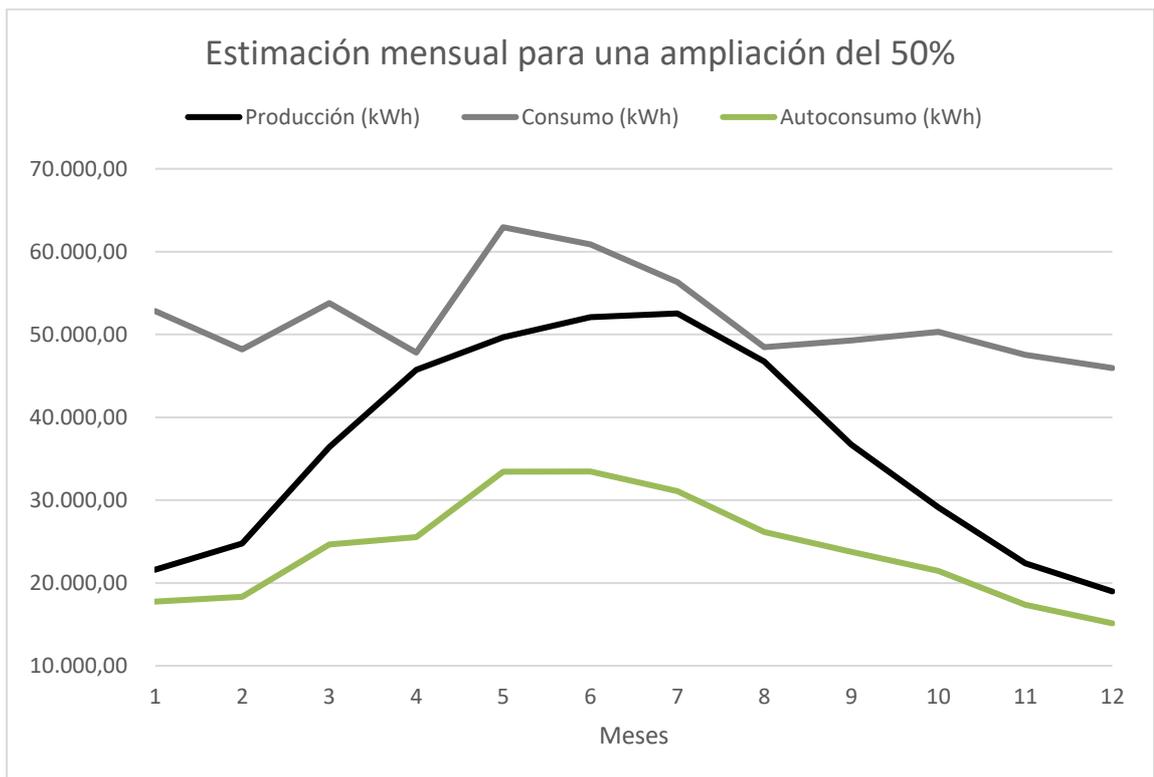


Gráfica 11: Costes anuales de las distintas baterías durante 25 años de funcionamiento

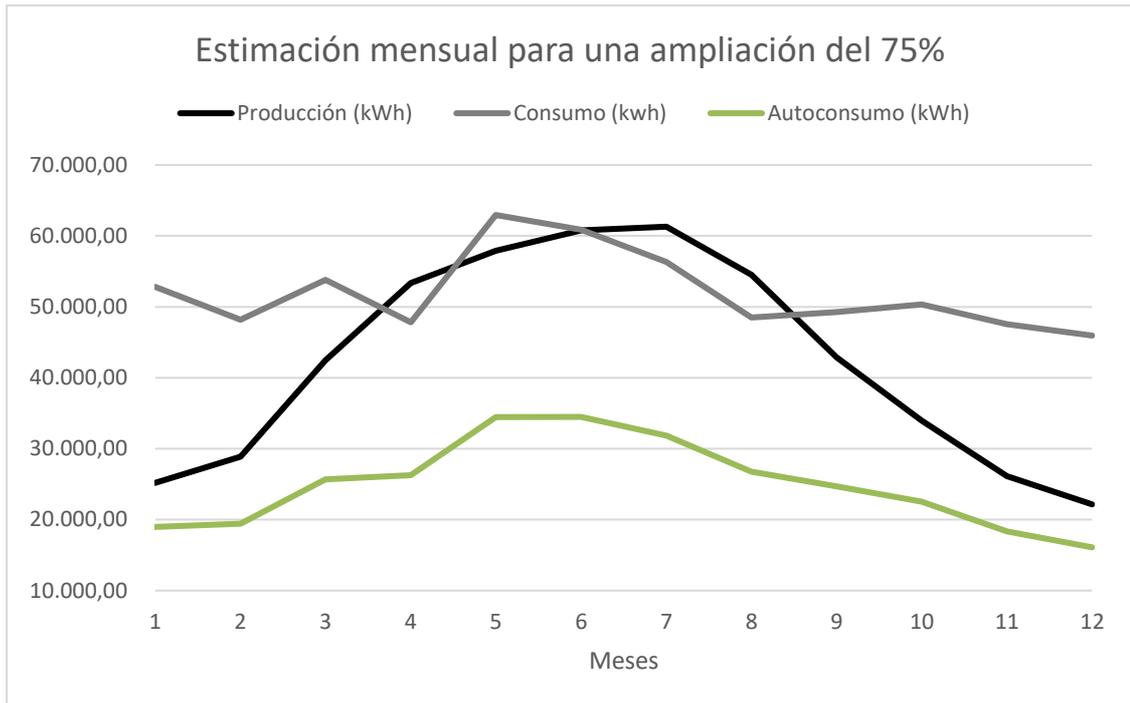
Por último, representamos las estimaciones realizadas para los distintos casos de ampliación de la potencia fotovoltaica instalada. En dichas gráficas se van a representar como varían los valores de producción y autoconsumo, mientras que los del consumo de la fábrica permanecerían constantes.



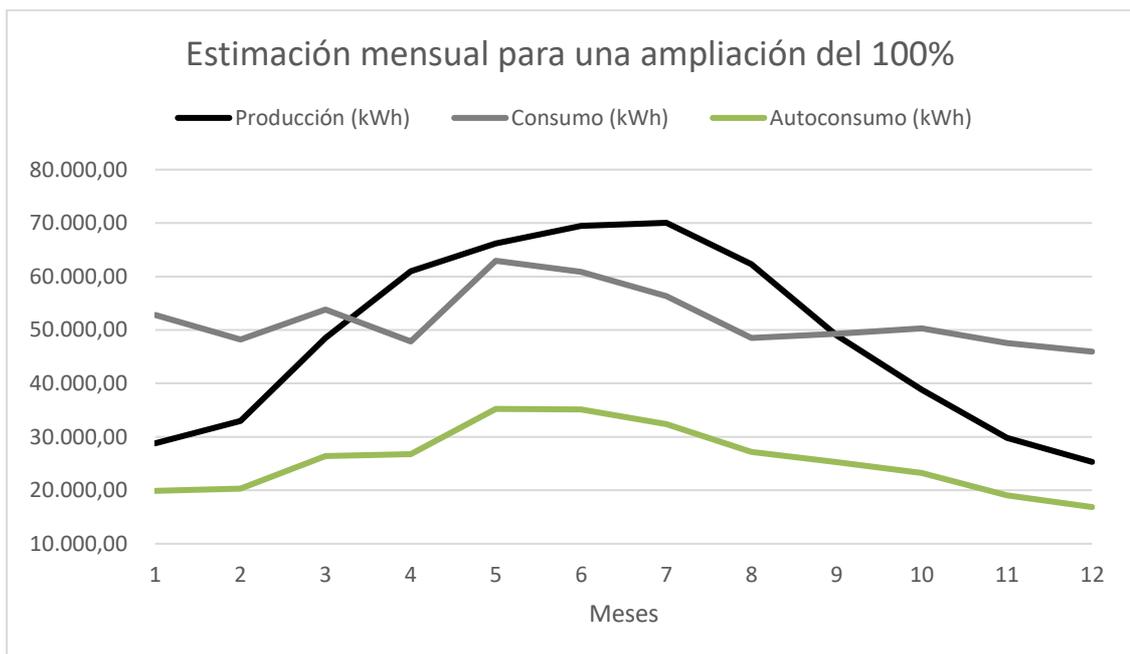
Gráfica 12: Estimación mensual para una ampliación del 30% de la potencia fotovoltaica instalada



Gráfica 13: Estimación mensual para una ampliación del 50% de la potencia fotovoltaica instalada



Gráfica 14: Estimación mensual para una ampliación del 75% de la potencia fotovoltaica instalada



Gráfica 15: Estimación mensual para una ampliación del 100% de la potencia fotovoltaica instalada