



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

**Viabilidad y rentabilidad de una instalación  
fotovoltaica para autoconsumo**

**Autor:**

**Arranz García, Raúl**

**Tutor:**

**De Benito Martín, Juan José  
Departamento de Organización de  
Empresas e Investigación de  
Mercados**

**Valladolid, 27 de noviembre de 2019.**







## AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su confianza y paciencia.

A mis amigos de la Escuela de Ingenierías Industriales, por haberme acompañado durante estos años.

A SYLTEC, por la idea del proyecto, así como por toda la ayuda ofrecida en sus primeras etapas.



## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Una de las principales preocupaciones de las personas particulares y familias en sus viviendas es el coste de su factura eléctrica, no sólo por las posibles subidas de precios, sino por el uso que se da a dicha energía, siendo en unos casos un uso eficiente, o en otros un uso no eficiente.

Otra de las preocupaciones que se encuentran hoy en día en la sociedad, es la que existe por el ya anticipado final de reservas de los combustibles fósiles, previsto en un plazo de menos de 200 años. Además de la contaminación generada por los mismos, así como gases de efecto invernadero que aumentan la temperatura media del planeta. Esta última cuestión también plantea un problema para la sociedad, que ve como la vida del planeta puede cambiar drásticamente si no se reducen estas emisiones.

A propósito de esta situación de intentar conseguir una mejor eficiencia y ahorro energético, y de la creciente tendencia de la sociedad hacia un mundo más limpio, con su correspondiente crecimiento en torno a las energías renovables, se ha elaborado el presente trabajo de fin de grado.

Este proyecto pretende ser una herramienta de apoyo a las energías renovables, en concreto a la energía solar fotovoltaica, mediante el diseño de un programa en Excel que permite al usuario realizar una simulación en la que calcula una instalación fotovoltaica, indicando cual sería el ahorro para él, así como otros parámetros económicos como la rentabilidad de su inversión.

**Palabras clave:** energía, autoconsumo, ahorro, potencia, radiación, rentabilidad, Visual Basic.

## ABSTRACT

One of the main concerns of individuals and families in their homes is the cost of their electricity bill, not only for possible price increases, but for the use that is given to this energy, being in some cases an efficient use, or in others an inefficient use.

Another of the concerns that are found in society today is the concern which exists due to the already anticipated end of fossil fuel reserves, planned within a period of less than 200 years. In addition to the pollution generated by them, as well as greenhouse gases that increase the average temperature of the planet. This last issue also poses a problem for society, which sees how life on the planet can change dramatically if these emissions are not reduced.

About this situation of trying to achieve better efficiency and energy savings, and the growing trend of society towards a cleaner world, with its corresponding growth around renewable energies, the present End of Degree Project has been prepared.

This project aims to be a support tool for renewable energies, specifically photovoltaic solar energy, by designing an Excel program which allows the user to perform a simulation where he calculates a photovoltaic installation, indicating how much would the savings be for him, as well as other economic parameters such as the return on his investment.

**Keywords:** energy, self-consumption, economic savings, power, radiation, cost effectiveness, visual basic.







## INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	3
Antecedentes.....	3
Motivación .....	4
Objetivos .....	4
Estructura de la memoria .....	5
CAPÍTULO 1: FUENTES DE ENERGÍA .....	9
1.1 Energías Renovables .....	9
1.1.1 ¿Cuáles son las no renovables? .....	9
1.1.2 Clasificación de energías renovables.....	10
1.1.3 Energías renovables y su potencial .....	11
1.1.3 Autoconsumo energético a partir de energías renovables .....	15
1.2 Energía Solar Fotovoltaica .....	16
1.2.1 Procesos fotoeléctricos .....	16
1.2.2 Efecto fotoeléctrico externo .....	17
1.2.3 Efecto fotovoltaico .....	17
1.2.4 Potencial solar de una zona.....	18
1.3 Instalaciones fotovoltaicas.....	22
1.3.1 Tipos de instalaciones .....	22
1.3.2 Componentes de una instalación fotovoltaica .....	24
1.3.3 Instalación fotovoltaica conectada a Red.....	27
CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL SOFTWARE .....	35
2.1 Modo Básico .....	35
2.1.1 Entrada de datos .....	35
2.1.2 Salidas .....	37
2.1.3 Factura.....	40
2.1.4 Rentabilidad .....	42
2.1.5 Gráficas .....	45

2.2	Modo Avanzado .....	47
2.2.1	Entrada de datos.....	48
2.2.2	Salida de datos.....	50
2.2.3	MeteoData .....	50
2.2.4	Producción.....	51
2.2.5	Rendimientos .....	53
2.2.6	Rentabilidad .....	54
2.2.8	Factura.....	55
2.2.9	Gráficas.....	56
2.2.10	Variación Precio.....	57
CAPÍTULO 3: GUÍA DEL PROGRAMADOR .....		61
3.1	Arranque del programa y funciones preprogramadas .....	61
3.2	Programación de formularios .....	63
3.2.1	Formulario UserForm2 .....	63
3.2.2	Formulario UserForm1 .....	65
3.3	Módulos y macros.....	69
3.4	Relación entre las hojas de Excel.....	71
3.4.1	¿Qué ocurre al introducir los datos en la hoja de entradas?.....	72
3.4.2	Cálculos de rendimientos y producción.....	73
3.4.3	Uso de la producción de energía FV calculada .....	75
CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO .....		81
4.1	Análisis del Entorno: PESTEL .....	81
4.2	Estudio económico .....	90
4.2.1	Tasa horaria y tiempo dedicado.....	92
4.2.2	Distribución del tiempo por etapas.....	93
4.2.3	Cálculo de amortización del equipo y software utilizado .....	94
4.2.4	Asignación de costes por etapas .....	95
4.2.5	Cálculo del coste total del proyecto .....	96
CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS .....		101
	Consecución de objetivos y conclusiones.....	101

Líneas futuras.....	102
BIBLIOGRAFÍA .....	107
ANEXO I: CÁLCULOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS .....	113
Cálculo de la potencia nominal según CTE DB HE-5 .....	113
Cálculo del número de módulos fotovoltaicos según el CTE DB HE-5 .....	115
Selección de cableado y sistema de montaje (bandejas, tubos, etc...) ....	115
Protección contra corrientes de defecto .....	119
Elección de cuadro de mandos y protección .....	120
Estructura soporte .....	121



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – CENTRAL NUCLEAR .....	10
FIGURA 2 - GENERACIÓN DE BIOMASA (IDAE, S.F) .....	12
FIGURA 3 – PARQUE EÓLICO.....	13
FIGURA 4 – EFECTO FOTOVOLTAICO.....	18
FIGURA 5– PVGIS, ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN 2017 .....	19
FIGURA 6– ENERGÍA QUE INCIDE SOBRE LA SUPERFICIE HORIZONTAL.....	20
FIGURA 7– COEFICIENTE K (IDAE, 2011) .....	21
FIGURA 8– NÚMERO MEDIO DE HORAS DIARIAS DE SOL ÚTILES (IDAE, 2011) .....	21
FIGURA 9– ESQUEMA INSTALACIÓN AISLADA (SYLTEC INGENIERÍA, 2018).....	23
FIGURA 10 – PANEL MONOCRISTALINO .....	25
FIGURA 11 – PANEL POLICRISTALINO .....	25
FIGURA 12– INVERSOR FOTOVOLTAICO MARCA “SMA” .....	26
FIGURA 13 – ESQUEMA INSTALACIÓN CONECTADA A RED (SYLTEC,2018) .....	27
FIGURA 14– CONFIGURACIÓN DE INVERSOR CENTRALIZADO (SYLTEC, 2019) .....	29
FIGURA 15– CONFIGURACIÓN DE CONEXIÓN EN PARALELO (SYLTEC, 2019) .....	29
FIGURA 16– CONFIGURACIÓN DE INVERSOR POR RAMAL.....	30
FIGURA 17– CONFIGURACIÓN DE INVERSOR EN MÓDULO.....	31
FIGURA 18 – VENTANA DE BIENVENIDA .....	35
FIGURA 19 – FORMULARIO DE ENTRADA DE DATOS.....	36
FIGURA 20 – DATOS DE ENTRADA (LOCALIZACIÓN, POTENCIA CONTRATADA...) .....	36
FIGURA 21 – DATOS DE ENTRADA (PRECIO ELECTRICIDAD).....	36
FIGURA 22 – DATOS DE ENTRADA (INVERSIÓN).....	37
FIGURA 23 – DATOS DE ENTRADA (ENERGÍA CONSUMIDA) .....	37
FIGURA 24 – HOJA SALIDAS .....	38
FIGURA 25 – DATOS VARIOS HOJA DE SALIDAS .....	39
FIGURA 26 – DATOS VARIOS HOJA DE SALIDAS .....	39
FIGURA 27 – CAPTURA DE PANTALLA HOJA DE SALIDAS.....	40
FIGURA 28 – HOJA FACTURA .....	41
FIGURA 29 – DATOS HOJA FACTURAS.....	41
FIGURA 30 – FACTURA ACTUAL Y FACTURA CON FV .....	42
FIGURA 31 – AHORROS TÉRMINO DE ENERGÍA .....	42
FIGURA 32 – HOJA RENTABILIDAD .....	43
FIGURA 33 – RENTABILIDAD EN TÉRMINOS DE AHORRO DE ENERGÍAS .....	43
FIGURA 34 – RENTABILIDAD DEL PROYECTO SI SE VENDE EL EXCEDENTE DE ENERGÍA .....	45
FIGURA 35 – HOJA GRÁFICAS .....	46
FIGURA 36 – GRÁFICA PRODUCCIÓN ENERGÍA FOTOVOLTAICA MENSUAL .....	46
FIGURA 37 – CONSUMO ELÉCTRICO Y CONTRIBUCIÓN SOLAR .....	47
FIGURA 38 – BOTÓN MODO AVANZADO .....	48
FIGURA 39 – ENTRADA DE DATOS (LOCALIZACIÓN, POTENCIA, PRECIO ELECTRICIDAD).....	49
FIGURA 40 – VARIACIÓN PRECIO ELECTRICIDAD.....	49

FIGURA 41 - INVERSIÓN.....	49
FIGURA 42 – ENERGÍA CONSUMIDA .....	50
FIGURA 43 - METEODATA .....	51
FIGURA 44 - PRODUCCIÓN .....	52
FIGURA 45 - INCLINACIÓN.....	52
FIGURA 46 – HOJA RENDIMIENTOS, DATOS DE TEMPERATURA Y RADIACIÓN .....	53
FIGURA 47 – RENDIMIENTOS.....	54
FIGURA 48 - RENTABILIDAD.....	55
FIGURA 49 – FACTURA ACTUAL.....	55
FIGURA 50 – FACTURA CON FV.....	56
FIGURA 51 – AHORROS TÉRMINO DE ENERGÍA .....	56
FIGURA 52 – VARIACIÓN PRECIO .....	57
FIGURA 53– CÓDIGO DE THISWORKBOOK .....	61
FIGURA 54 – FORMULARIO USERFORM2.....	63
FIGURA 55 – FORMULARIO USERFORM2 (CÓDIGO).....	64
FIGURA 56 – BARRA DE PROPIEDADES.....	64
FIGURA 57 – FORMULARIO USERFORM1.....	65
FIGURA 58 - ETIQUETAS .....	66
FIGURA 59 – ETIQUETAS Y CUADROS DE TEXTO .....	66
FIGURA 60 – ETIQUETA LABEL14 RESALTADA.....	67
FIGURA 61 – CÓDIGO QUE SE EJECUTA AL INICIALIZAR EL FORMULARIO USERFORM1.....	67
FIGURA 62 – CÓDIGO AL PRESIONAR “CALCULAR” COMMANDBUTTON1.....	68
FIGURA 63 – BOTONES FORMULARIO USERFORM1 .....	68
FIGURA 64 – CÓDIGO DEL MODO AVANZADO, COMMANDBUTTON2.....	69
FIGURA 65 – BOTONES DE LAS HOJAS EN EXCEL.....	70
FIGURA 66 – BOTONES DE ACCIÓN EN EXCEL .....	70
FIGURA 67 – MÓDULO1 (MACROS).....	70
FIGURA 68 – BARRA DE FÓRMULAS EXCEL CELDA PROGRAMADA E19.....	73
FIGURA 69 CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN COMERCIAL (TABLA).....	74
FIGURA 70 – FÓRMULA DE LA EXPRESIÓN UTILIZADA EN EL CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN COMERCIAL .....	74
FIGURA 71 – COSTE DE LA ELECTRICIDAD EN FUNCIÓN DE SU FUENTE DE ENERGÍA (FRAUNHOFER, 2018) .....	83
FIGURA 72 – PORCENTAJE DE DEMANDA CUBIERTO CON FOTOVOLTAICA POR PAÍSES (FRAUNHOFER, 2018) .....	83
FIGURA 73 – NUMERO DE TRABAJOS POR CADA TIPO DE ENERGÍA, EN MILES. (INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR, 2018) .....	84
FIGURA 74 – EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE LOS COMPONENTES (INSTITUTO DE ENERGÍA SOLAR, 2018) .....	86
FIGURA 75 – EVOLUCIÓN DE PATENTES PARA TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES. (IRENA, 2017).....	87
FIGURA 76 – EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR TECNOLOGÍA, EN GRAMOS DE DIÓXIDO DE CARBONO POR CADA KWh GENERADO (IPCC, 2012) .....	88
FIGURA 77 – CÉLULAS SOLARES ORGÁNICAS .....	89



## INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 – ENERGÍA INCIDENTE SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA (IDAE, 2011).....	21
ECUACIÓN 2– POTENCIA INCIDIDA (IDAE, 2011) .....	22
ECUACIÓN 3 – CÁLCULO INVERSIÓN.....	73
ECUACIÓN 4 - RENDIMIENTO POR PÉRDIDAS DE TEMPERATURA .....	73
ECUACIÓN 5 – CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN ÓPTIMA .....	74
ECUACIÓN 6 – PRODUCCIÓN MENSUAL .....	75
ECUACIÓN 7 – PRODUCCIÓN GLOBAL (KWH) .....	75
ECUACIÓN 8 – CÁLCULO DE FACTURA ELÉCTRICA .....	76
ECUACIÓN 9 – TÉRMINO DE ENERGÍA CONSUMIDA CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	76
ECUACIÓN 10 – EXPRESIÓN DE AHORRO DE ENERGÍA (%).....	76
ECUACIÓN 11 – EXPRESIÓN DE AHORRO ECONÓMICO (%) .....	77
ECUACIÓN 12 – PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN I AÑOS.....	77
ECUACIÓN 13 – PRECIO ENERGÍA EN I AÑOS .....	77



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 – TASAS HORARIAS TRABAJADORES .....	93
TABLA 2 – DÍAS Y HORAS DEDICADAS PROYECTISTA.....	93
TABLA 3 – DÍAS Y HORAS DEDICADAS INGENIERO INDUSTRIAL .....	93
TABLA 4 – DISTRIBUCIÓN HORARIA PROYECTISTA .....	93
TABLA 5 – DISTRIBUCIÓN HORARIA INGENIERO INDUSTRIAL.....	94
TABLA 6 – AMORTIZACIÓN DE EQUIPOS.....	94
TABLA 7 – ASIGNACIÓN DE COSTES POR ETAPAS (PROYECTISTA) .....	95
TABLA 8 – ASIGNACIÓN DE COSTES POR ETAPAS (INGENIERO INDUSTRIAL).....	96
TABLA 9 – COSTE TOTAL DE CADA ETAPA .....	96
TABLA 10 – COSTE TOTAL .....	97



# INTRODUCCION





### INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Fin de Grado ha sido desarrollado teniendo su origen en la empresa SYLTEC Ingeniería, y se basa en conocimientos de energía fotovoltaica, e instalaciones fotovoltaicas, adquiridos en dicha compañía, para poder desarrollar un software, elaborado en VBA y Excel, que ofrece al usuario un estudio de ahorro y rentabilidad al dimensionar una instalación fotovoltaica para autoconsumo energético.

Por ello, en el proyecto se expone parte de dicha formación adquirida, necesaria para un entendimiento básico de la materia en cuestión, la energía solar fotovoltaica. Así pues, con las nociones aprendidas, se expone el funcionamiento del programa desarrollado.

Esto implica que se debe explicar a los usuarios finales, como se utiliza el software, es decir, una guía de usuario, Además, también se debe realizar una guía del desarrollo del programa, o guía de programación.

Además, se ha estudiado la viabilidad del proyecto con un estudio de mercado, así como se ha realizado un estudio económico de los costes que se asocian a cada etapa del proyecto.

#### Antecedentes

El problema energético preocupa a nivel internacional a los gobiernos de la mayoría de los países. Se teme por el final de las reservas de fuentes de energía fósil, así como se teme por la creciente contaminación que su uso genera.

Por tanto, cada vez con más inversiones, los gobiernos están día a día más implicados en el desarrollo de energías renovables. Pero no sólo gobiernos u organizaciones de gran tamaño, sino que a los ciudadanos y consumidores de energía particulares también les interesa.

Desde SYLTEC Ingeniería, una empresa del sector de la ingeniería, consultoría y obra civil de Valladolid, se fomenta el desarrollo de energías renovables, tanto es así que el departamento de instalaciones eléctricas y de gas, también ofrece soluciones limpias a sus clientes, como es el caso de las instalaciones fotovoltaicas. La empresa está implicada directamente en el origen del proyecto



## Motivación

La iniciativa de realizar el proyecto nace del departamento de Instalaciones eléctricas de la empresa SYLTEC Ingeniería, que, a través de Imanol Pérez, ingeniero industrial de dicho departamento, y encargado de la unidad de negocio del mismo departamento.

La motivación principal fue la posibilidad de comenzar a realizar un proyecto de acercamiento de la energía solar fotovoltaica, partiendo de una formación básica por parte de Imanol, además de su supervisión durante los primeros pasos del proyecto.

## Objetivos

Previamente al desarrollo del proyecto, se fija el objetivo que se desea alcanzar con el mismo, para así elaborar un procedimiento a seguir, estableciendo qué debe contener.

El objetivo principal del proyecto es el de desarrollar un software que permita a los clientes y usuarios evidenciar la rentabilidad y viabilidad de invertir en energía solar fotovoltaica.

Para SYLTEC, esto supondrá un acercamiento de interesados hacia esta fuente de energía renovable, en la que son expertos realizando el dimensionamiento e instalación de los componentes.

Para ello se marcan los requisitos que debe cumplir la herramienta creada:

- Ser fiable: La información utilizada para elaborar el programa estará sacada de fuentes fiables y constatadas. Se recurrirá a informes de las organizaciones importantes y competentes en la materia, así como leyes y otros documentos jurídicos, así como normativas vigentes.
- Modo de uso asequible para cualquier usuario: El software debe estar diseñado para poder ser usado por cualquier usuario, siendo su único requisito el tener instalado Microsoft Excel, o un programa de código libre similar a este. Además, se garantiza un rápido aprendizaje con una guía de usuario detallada.
- Interfaz amigable en su modo básico: La herramienta también está programada bajo el lenguaje de programación VBA, lo que permite





diseñar ventanas gráficas de Windows, para así poder presentar una interfaz visual atractiva y amigable con el usuario en su versión básica.

- Presentar resultados económicos de interés para el usuario final: No puede olvidarse que el objetivo del programa es presentar al usuario cuales serían sus posibilidades de ahorro y rentabilidad en el caso de invertir en una instalación fotovoltaica, por lo que el usuario podrá consultar estos datos económicos en tablas y gráficas de resultados.
- Incentivar al usuario final a pasarse a la energía solar fotovoltaica: Como consecuencia del párrafo anterior, no puede olvidarse que al presentar al usuario el ahorro posible, se pretende que éste se interese por esta energía renovable.

### Estructura de la memoria

La presente memoria contiene un total de cuatro capítulos.

El primero es una introducción teórica a las energías renovables, definiendo cada una de ellas, exponiendo una breve información sobre cada una, así como de las no renovables. Además, también se profundiza y desarrolla la energía solar fotovoltaica, explicando cómo es posible el proceso, y explicando sus instalaciones y componentes.

El segundo capítulo es una guía de usuario del programa informático desarrollado, para un hipotético usuario-cliente final. En esta guía se distinguen dos tipos de usuario, el básico y el avanzado. Por lo que a lo largo de este capítulo se expondrán las indicaciones que cada tipo de usuario debe seguir para utilizar el programa, además de acompañarse de imágenes para no dejar dudas de su modo de uso.

El tercer capítulo trata la programación del programa, tanto en términos de programación informática, como en términos de “qué” hace el programa, con sus cálculos y relaciones internas. El código del programa está escrito en lenguaje VBA (Visual Basic). En este capítulo se presentan también imágenes de capturas del código, así como del diseño gráfico del programa. Además, se explica detalladamente como están realizadas las páginas de Excel del programa, y como se relacionan unas con otras.

El cuarto capítulo está compuesto por dos partes. La primera es un análisis del entorno, utilizando el método PESTEL, para poder ver qué ámbitos del entorno



son favorables o desfavorables para el desarrollo del proyecto, y de la energía fotovoltaica en general. La segunda parte es un estudio/análisis económico del proyecto, en el que se presentan los costes asociados a cada etapa del proyecto, llegando así al coste total del mismo.

Finalmente se reúnen las conclusiones generales obtenidas después de finalizar el proyecto. Además, se exponen las líneas futuras que derivan el proyecto.

Adicionalmente, tras las conclusiones, se encuentra la bibliografía utilizada para la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado. En último lugar, se encuentra el anexo de cálculos técnicos.

CAPITULO 1

FUENTES DE  
ENERGIA





## CAPÍTULO 1: FUENTES DE ENERGÍA

### 1.1 Energías Renovables

La información presente en el presente capítulo está elaborada a partir de información tratada recopilada de Wikipedia y de IDAE.

Energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales, que se dan por inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de generarse por medios naturales.

#### 1.1.1 ¿Cuáles son las no renovables?

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que no son ilimitadas, que se agotan con su uso. Las principales son los combustibles fósiles y la energía nuclear. Según Wikipedia (Energías renovables, 2019)

- **Energía fósil:** Los combustibles fósiles son el carbón, el petróleo y el gas natural. También se incluye el gas licuado del petróleo. Este tipo de combustibles se han formado con restos de seres vivos a lo largo de millones de años. Es la energía más utilizada en el mundo, pero es limitada. Según los cálculos de expertos, el planeta puede suministrar energía durante 200 años más (si se sigue utilizando el carbón) hasta que se agoten todas las reservas.

Las principales ventajas de este tipo de energía es que los combustibles fósiles son muy energéticos, y son fácilmente almacenables y transportables.

En cambio, su extracción y combustión aumentan la proporción de gases de efecto invernadero, además de que su combustión también genera gases tóxicos. Además, la localización de los recursos no se reparte por igual a lo largo de la geografía terrestre, por lo que origina conflictos internacionales por su control.

- **Energía nuclear:** Mediante la desintegración del núcleo atómico de elementos muy pesados como el uranio o plutonio, se libera energía radiante y cinética. En una central nuclear se aprovecha esta liberación de energía para producir electricidad mediante turbinas de vapor de agua. Esta desintegración se conoce como fisión nuclear.

Su problema es que se generan residuos nucleares, que por su radiactividad pueden tardar miles de años en desaparecer.

Sin embargo, existe otro modo de aprovechar la energía nuclear, que se encuentra en proceso de investigación, la fusión nuclear. Que consiste en unir dos átomos de hidrógeno para generar un átomo de helio, que produce una abundante energía. En este caso el combustible es el hidrógeno, que se encuentra de manera abundante en nuestro planeta. A su vez, el helio que se genera no se presenta como un residuo peligroso ni radioactivo, por lo que no es contaminante.

En la Figura 1 se muestra la fotografía de una central nuclear en funcionamiento.



Figura 1 - Central nuclear

## 1.1.2 Clasificación de energías renovables

Es necesario aclarar que una fuente de energía renovable no tiene por qué ser limpia necesariamente. Según Wikipedia (Energías Renovables, 2019) Encontramos dos subdivisiones:

- Limpias o no contaminantes:
  - La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: energía azul.
  - Viento: Energía eólica.
  - Calor generado por la Tierra: energía geotérmica.



- Ríos y otras corrientes de agua dulce: energía hidráulica o hidroeléctrica.
- Mares y océanos: energía mareomotriz y energía undimotriz.
- El Sol: energía solar.
- Contaminantes: Son aquellas que se obtienen a partir de materia orgánica o biomasa, utilizadas como un combustible. Estas fuentes de energía tienen el mismo problema que las energías fósiles, pues producen gases de efecto invernadero (dióxido de carbono) generados por la combustión de biocombustibles, en algunos casos incluso más contaminantes aún.

Según IDAE (Energías Renovables (Uso térmico/ Uso eléctrico), 2019) las energías renovables se clasifican en función de su uso:

- Uso térmico: Son aquellas que suministran calor a procesos industriales, la cogeneración y climatización de naves. Además de usarse también para el uso doméstico, en climatización y calefacción. Estas energías son la solar térmica, biomasa, biogas, biocarburantes, aerotermia e hidrotermia.
- Uso eléctrico: Son aquellas que permiten la generación de energía eléctrica. Estas son las energías del mar, la hidroeléctrica, la eólica, termoeléctrica y fotovoltaica.

Ahora se explicarán con algo más de detalle las distintas energías renovables que existen en la actualidad.

### 1.1.3 Energías renovables y su potencial

#### **Energía hidráulica**

Es la energía eléctrica generada aprovechando los saltos de agua. Se aprovecha la energía de los ríos para poner en funcionamiento unas turbinas que mueven un generador eléctrico. En España este tipo de fuente supone el 15% del total de la electricidad. (IDAE, 2019).

Se aprovecha la energía potencial que tiene la masa de agua en un punto del río, que preferiblemente será el más alto posible, para convertirla en energía mecánica mediante la turbina, que acciona el generador eléctrico. La potencia

eléctrica obtenida es directamente proporcional al caudal de agua del río, y a la altura del salto. En estos lugares se construyen las centrales hidroeléctricas. (IDAE, 2019).

## Biomasa

Mediante la fotosíntesis las plantas transforman el dióxido de carbono y el agua de productos minerales, en materiales orgánicos con alto contenido energético, que a su vez sirve de alimento para otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal, liberando de nuevo el dióxido de carbono almacenado. (Energías renovables, 2019). En la Figura 2 se puede ver el ciclo de generación de biomasa.

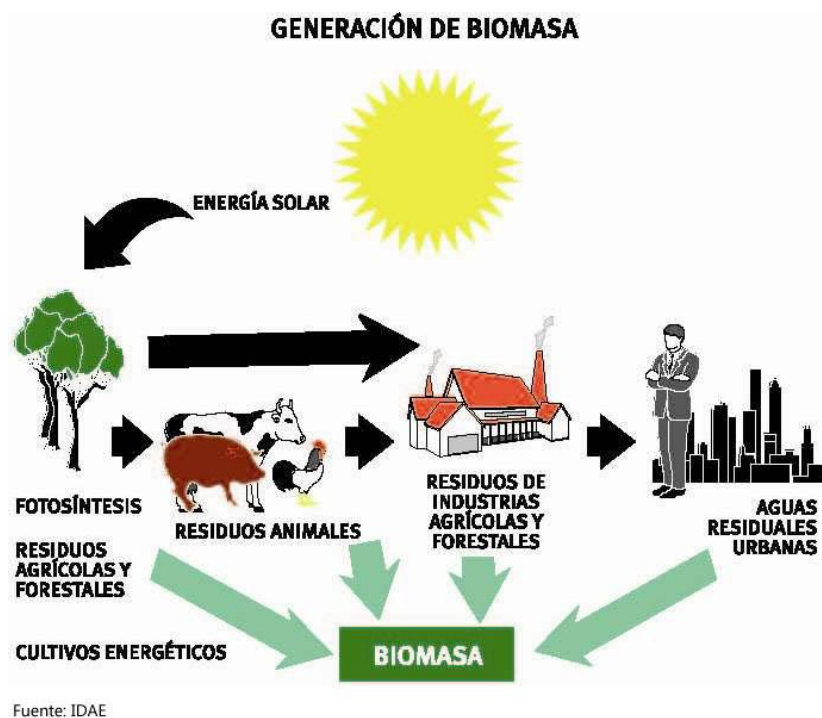


Figura 2 - Generación de biomasa (IDAE, s.f)

La biomasa puede presentarse también como biogas, y también como biocarburante (biofuel).

La combustión biomasa no genera elementos tóxicos como el arsénico o el mercurio, como hace la combustión de combustibles fósiles tradicionales, pero



sí que genera gases de efecto invernadero, que incrementan la temperatura media del planeta.

### **Energía eólica**

Este tipo de energía se obtiene a partir de la fuerza del viento, mediante unas turbinas eólicas que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica por medio de aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado a un generador eléctrico. Es una energía limpia y además es la menos costosa de producir. Por lo que cada vez es más común ver parques eólicos a lo largo de los paisajes del país, incluso se montan parques eólicos en el mar.

Su principal inconveniente es que el viento no es constante, y su intermitencia hace que no se genere energía de manera continua. Además, el impacto sobre el paisaje es notable, ya que los aerogeneradores son de grandes dimensiones. En la Figura 3 puede verse un parque eólico, siendo evidente el impacto visual que provoca en el paisaje.

(Energías renovables, 2019)



*Figura 3 - Parque eólico*

### **Energía Geotérmica**

Se aprovechan las zonas del planeta donde parte del calor interno de la Tierra llega a la corteza terrestre, aprovechando la ebullición de aguas subterráneas para accionar turbinas eléctricas o para calentar.



## Energía marina

Según la información obtenida de IDAE (2019), la energía marina se refiere a la energía producida por las mareas, las olas del mar, la salinidad y las diferencias de temperatura de los océanos.

En el caso de la energía de las corrientes marinas, se utilizan convertidores similares a los aerogeneradores, empleando en este caso instalaciones submarinas para corrientes de agua.

La energía Undimotriz es el aprovechamiento energético producido por el movimiento ondulatorio de la superficie del agua del mar. El oleaje es una consecuencia del rozamiento del aire sobre la superficie del mar, por lo que resulta muy irregular.

La energía Mareomotriz se basa en aprovechar el ascenso y descenso del agua del mar producido por la acción gravitatoria del Sol y la Luna. Un proyecto de una central mareomotriz está basado en el almacenamiento de agua en un embalse que se forma al construir un dique con unas compuertas que permiten la entrada de agua o caudal a turbinar en una bahía, cala, río o estuario para la generación eléctrica.

La energía Maremotérmica se fundamenta en el aprovechamiento de la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie del mar y las aguas profundas. Se requiere que el gradiente térmico sea de al menos 20°. Las plantas maremotérmicas transforman la energía térmica en energía eléctrica utilizando el ciclo termodinámico denominado “ciclo de Rankine” para producir energía eléctrica cuyo foco caliente es el agua de la superficie del mar y el foco frío el agua de las profundidades.

La energía Azul es la energía obtenida por la diferencia en la concentración de sal entre el agua del mar y el agua de los ríos mediante los procesos de ósmosis.

(IDAE, 2019)

## Energía solar térmica

La energía solar térmica, es el resultado de aprovechar la energía que llega del sol para convertirla en calor, que se destina a satisfacer numerosas necesidades, como puede ser la calefacción de un edificio o casa, para obtener



agua caliente, o aire caliente, para consumo doméstico o industrial, e incluso para alimentar una máquina de refrigeración por absorción. (Energía solar térmica, s.f)

Según información verificada de Wikipedia, la diferencia con el otro tipo de energía solar, la energía fotovoltaica, es que la energía termosolar emplea colectores de baja, media, y alta temperatura. En el caso de los colectores de baja y media temperatura, se trata de placas planas usadas para calentar agua, ya sea a pequeña o gran escala. En cambio, la energía fotovoltaica utiliza placas solares que transforman la energía solar directamente en electricidad. Es decir, la energía solar fotovoltaica está enfocada al uso eléctrico, y la solar térmica al uso térmico.

En el **apartado 1.2** del presente capítulo se explicará la **energía fotovoltaica** con más detalle que el resto de renovables.

### 1.1.3 Autoconsumo energético a partir de energías renovables

Este tipo de energías renovables no solo pueden ser utilizadas por las compañías generadoras de energía eléctrica sino por los usuarios particulares también. El autoconsumo energético consiste en utilizar una instalación generadora de energía para consumo propio.

El desarrollo del autoconsumo garantiza a los consumidores el acceso a alternativas más baratas y respetuosas con los recursos limitados de nuestro planeta. Además, contribuye a reducir las necesidades de la red eléctrica, lo que genera mayor independencia energética y permite reducir emisiones de gases de efecto invernadero. También supone la generación de empleo vinculado a la transición ecológica, como ya se ha demostrado en países de nuestro entorno.

La tecnología aplicada al desarrollo de las energías renovables las ha hecho más eficientes y rentables, hasta el punto de ser capaces de producir electricidad en peores condiciones de viento o radiación solar, y en el caso de los paneles fotovoltaicos a un coste un 70% más bajo que hace una década.

En el siguiente apartado se explicará con más detalle que el resto de las energías, la energía fotovoltaica.



## 1.2 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica aprovecha la radiación solar transformándola directamente en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, que consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (en este caso radiación solar). El efecto fotovoltaico y su origen será explicado más adelante, en este mismo apartado.

Existen distintas tecnologías fotovoltaicas (fijas, seguimiento solar a un eje y seguimiento solar a dos ejes) pero la mayoría se basan en el silicio.

Las instalaciones solares fotovoltaicas pueden ser básicamente de dos tipos: instalaciones aisladas, orientadas fundamentalmente a aplicaciones de bombeo, señalización, comunicaciones y electrificación rural, e instalaciones conectadas a red, orientadas a la venta de energía eléctrica y autoconsumo.

Las posibilidades de aplicación de la energía solar fotovoltaica son inmensas y abarcan desde las más aplicaciones más simples como calculadoras y relojes solares, a las más complejas como grandes plantas de generación eléctrica o sistemas de alimentación para satélites artificiales. (IDAE, 2019)

### 1.2.1 Procesos fotoeléctricos

Los procesos fotoeléctricos fueron descubiertos por Heinrich Hertz en 1887, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la oscuridad. A partir de aquello, establece que los electrones de una superficie metálica pueden escapar de ella si adquieren la energía suficiente suministrada por luz de longitud de onda lo necesariamente corta.

Posteriormente Einstein le dio el significado correcto en 1905, en el que dice que un haz de luz se compone de paquetes de energía llamados *cuantos* de luz o *fotones*. Cuando el fotón choca con un electrón en la superficie de un metal, el fotón le puede transmitir energía al electrón, con la que podría escapar de dicha superficie de metal. Se distingue entre efecto fotoeléctrico interno y externo. De estos dos, el externo es el que resulta de interés hablando de energía fotovoltaica.



### 1.2.2 Efecto fotoeléctrico externo

El efecto fotoeléctrico externo consiste en la formación y liberación de partículas cargadas eléctricamente que se producen en la materia cuando es irradiada con radiación electromagnética, como puede ser la luz. Es decir, se liberan electrones en la superficie de un conductor metálico al absorber energía de la luz que incide sobre dicha superficie.

Este es el efecto que se emplea en las células fotovoltaicas utilizadas en los paneles de las instalaciones. Los electrones liberados por un polo de la célula, el fotocátodo, se mueven hacia el otro polo, el ánodo, bajo la influencia de un campo eléctrico.

A continuación, veremos cómo el efecto fotovoltaico se basa en este efecto fotoeléctrico externo.

### 1.2.3 Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se encuentra enmarcado en el efecto fotoeléctrico externo. En él, los fotones crean pares electrón-hueco en materiales semiconductores, provocando un movimiento caótico de los electrones en el interior del material.

Si se unen las dos regiones de un semiconductor, a las que artificialmente se han dado un tratamiento para obtener unas concentraciones diferentes de electrones (mediante la adición de sustancias dopantes como el fósforo o el boro), se provoca un campo electrostático constante que reconducirá el movimiento de los electrones en la dirección y sentido que se desee.

El material formado por la unión de dos zonas con concentraciones diferentes de electrones se denomina unión PN.

En la mayoría de los casos, los semiconductores son células de silicio, que es el material más utilizado en la fabricación de células fotovoltaicas.

(Módulo 1 Instalaciones Fotovoltaicas [Manual], 2019)

En la figura 4 se puede ver un esquema simplificado del efecto fotovoltaico.

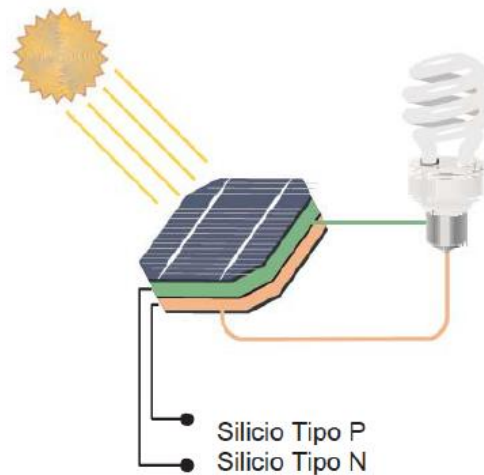


Figura 4 - Efecto fotovoltaico

## 1.2.4 Potencial solar de una zona

El potencial solar de una zona se determina evaluando los niveles de radiación solar que existen en esa ubicación.

Para el cálculo de una instalación solar se necesita saber cuáles son las condiciones climáticas del lugar donde se va a ubicar dicha instalación. Estas condiciones son:

- Radiación sobre superficie horizontal e inclinada que recibe cada metro cuadrado ( $m^2$ ) de captación.
- Número de horas útiles al día que inciden sobre dicha superficie de captación.

Estos datos se obtienen de las tablas facilitadas en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del I.D.A.E., así como de los diferentes centros meteorológicos existentes, o fuentes fiables de nivel europeo como PVGIS.

En el caso de PVGIS, no es necesario realizar ningún cálculo, ya que la plataforma te devuelve los valores reales de radiación recogidos entre los años 2006 y 2016 de la latitud que se desea estudiar. Ver Figura 5

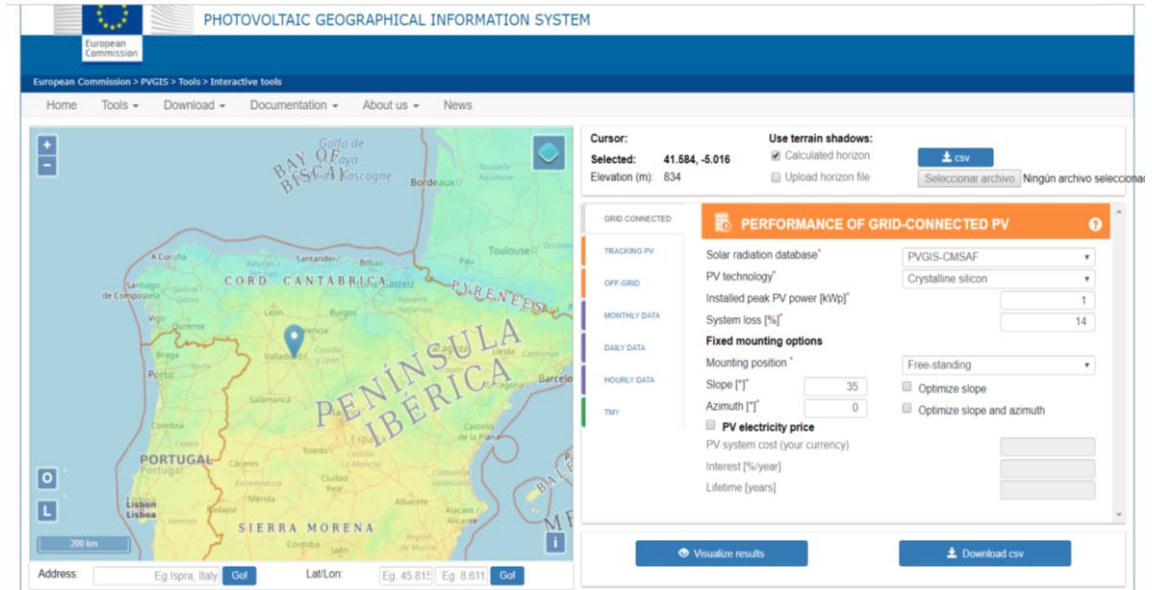


Figura 5- PVGIS, última actualización 2017

### Energía que incide sobre la superficie horizontal (H)

Estos datos aparecen en la página 100 del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del I.D.A.E.

En dicha tabla se refleja la energía en megajulios que incide en un m<sup>2</sup> de superficie horizontal un día medio de cada mes. (Ver figura 6)

### Modificación de la energía incidente sobre superficie horizontal

En función de la ubicación de la instalación se puede ver modificada H

- Instalación solar dentro de casco urbano 0.95
- Instalación solar en lugares con poca polución 1.05



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ÁLAVA	4,6	6,9	11,2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11,3
2 ALBACETE	6,7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3 ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4 ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5 ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6 ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7 BADAJOZ	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8 BALEARES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9 BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
10 BURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
11 CÁCERES	6,8	10	14,7	19,6	22,1	25,1	28,1	25,4	19,7	12,7	8,9	6,6	16,6
12 CÁDIZ	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5
13 CANTABRIA	5	7,4	11	13	16,1	17	18,4	15,5	13	9,5	5,8	4,5	11,3
14 CASTELLÓN	8	12,2	15,5	17,4	20,6	21,4	23,9	19,5	16,6	13,1	8,6	7,3	15,3
15 CEUTA	8,9	13,1	18,6	21	24,3	26,7	26,8	24,3	19,1	14,2	11	8,6	18,1
16 CIUDAD REAL	7	10,1	15	18,7	21,4	23,7	25,3	23,2	18,8	12,5	8,7	6,5	15,9
17 CÓRDOBA	7,2	10,1	15,1	18,5	21,8	25,9	28,5	25,1	19,9	12,6	8,6	6,9	16,7
18 LA CORUÑA	5,4	8	11,4	12,4	15,4	16,2	17,4	15,3	13,9	10,9	6,4	5,1	11,5
19 CUENCA	5,9	8,8	12,9	17,4	18,7	22	25,6	22,3	17,5	11,2	7,2	5,5	14,6
20 GERONA	7,1	10,5	14,2	15,9	18,7	19	22,3	18,5	14,9	11,7	7,8	6,6	13,9
21 GRANADA	7,8	10,8	15,2	18,5	21,9	24,8	26,7	23,6	18,8	12,9	9,6	7,1	16,5
22 GUADALAJARA	6,3	9,2	14	17,9	19,4	22,7	23	23,2	17,8	11,7	7,8	5,9	13,1
23 GUIPÚZCOA	5,5	7,7	11,3	11,7	14,6	16,2	16,1	13,6	12,7	10,3	6,2	5	10,9
24 HUELVA	7,6	11,3	16	19,5	24,1	25,6	28,7	25,6	21,2	14,5	9,2	7,5	17,6
25 HUESCA	6,1	9,6	14,3	18,7	20,3	22,1	23,1	20,9	16,9	11,3	7,2	5,1	14,6
26 JAÉN	6,7	10,1	14,4	18	20,3	24,4	26,7	24,1	19,2	11,9	8,1	6,5	15,9
27 LEÓN	5,8	8,7	13,8	17,2	19,5	22,1	24,2	20,9	17,2	10,4	7	4,8	14,3
28 LÉRIDA	6	9,9	18	18,8	20,9	22,6	23,8	21,3	16,8	12,1	7,2	4,8	15,2
29 LUGO	5,1	7,6	11,7	15,2	17,1	19,5	20,2	18,4	15	9,9	6,2	4,5	12,5
30 MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4
31 MÁLAGA	8,3	12	15,5	18,5	23,2	24,5	26,5	23,2	19	13,6	9,3	8	16,8
32 MELILLA	9,4	12,6	17,2	20,3	23	24,8	24,8	22,6	18,3	14,2	10,9	8,7	17,2
33 MURCIA	10,1	14,8	16,6	20,4	24,2	25,6	27,7	23,5	18,6	13,9	9,8	8,1	17,8
34 NAVARRA	5	7,4	12,3	14,5	17,1	18,9	20,5	18,2	16,2	10,2	6	4,5	12,6
35 ORENSE	4,7	7,3	11,3	14	16,2	17,6	18,3	16,6	14,3	9,4	5,6	4,3	11,6
36 PALENCIA	5,3	9	13,2	17,5	19,7	21,8	24,1	21,6	17,1	10,9	6,6	4,6	14,3
37 LAS PALMAS	11,2	14,2	17,8	19,6	21,7	22,5	24,3	21,9	19,8	15,1	12,3	10,7	17,6
38 PONTEVEDRA	5,5	8,2	13	15,7	17,5	20,4	22	18,9	15,1	11,3	6,8	5,5	13,3
39 LA RIOJA	5,6	8,8	13,7	16,6	19,2	21,4	23,3	20,8	16,2	10,7	6,8	4,8	14
40 SALAMANCA	6,1	9,5	13,5	17,1	19,7	22,8	24,6	22,6	17,5	11,3	7,4	5,2	14,8
41 STA. C. DE TENERIFE	10,7	13,3	18,1	21,5	25,7	26,5	29,3	26,6	21,2	16,2	10,8	9,3	19,1
42 SEGOVIA	5,7	6,6	13,4	16,4	20,4	22,6	23,7	24,9	18,8	13,4	6,8	5,1	15,2
43 SEVILLA	7,3	10,9	14,4	19,2	22,4	24,3	24,9	23	17,9	12,3	8,8	6,9	16
44 SORIA	5,9	8,7	12,8	17,1	19,7	21,8	24,1	22,3	17,5	11,1	7,6	5,6	14,5
45 TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
46 TERUEL	6,1	8,8	12,9	16,7	18,4	20,6	21,8	20,7	16,9	11	7,1	5,3	13,9
47 TOLEDO	6,2	9,5	14	19,3	21	24,4	27,2	24,5	18,1	11,9	7,6	5,6	15,8
48 VALENCIA	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3
49 VALLADOLID	5,5	8,8	13,9	17,2	19,9	22,6	25,1	23	18,3	11,2	6,9	4,2	14,7
50 VIZCAYA	5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2
51 ZAMORA	5,4	8,9	13,2	17,3	22,2	21,6	23,5	22	17,2	11,1	6,7	4,6	14,5
52 ZARAGOZA	6,3	9,8	15,2	18,3	21,8	24,2	25,1	23,4	18,3	12,1	7,4	5,7	15,6

Figura 6- Energía que incide sobre la superficie horizontal.

En la herramienta Excel desarrollada, no se ha tenido en cuenta esta posible modificación de la H. Pese a ello, el modo avanzado permite al usuario que lo desee introducir este factor dentro del estudio.

### Energía incidente sobre superficie inclinada (E)

La energía que incide sobre la superficie horizontal se ve modificada por un coeficiente que es función de la inclinación elegida para su montaje y la latitud donde se encuentre dicha instalación

Por lo tanto, la energía incidente sobre una superficie inclinada será la mostrada en la Ecuación 1:



$$E = H \times K$$

Ecuación 1 – Energía incidente sobre una superficie inclinada (IDAE, 2011)

Donde K es el coeficiente nombrado anteriormente, obtenido al igual que los datos anteriores de las tablas del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del I.D.A.E. (2011). Cada latitud tiene una K característica. (Ver figura 7)

LATITUD = 37°

incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,04	1,03	1,01	1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08
10	1,13	1,1	1,08	1,05	1,02	1,01	1,02	1,05	1,09	1,13	1,16	1,15
15	1,18	1,15	1,1	1,06	1,02	1,01	1,02	1,06	1,12	1,19	1,23	1,22
20	1,23	1,18	1,12	1,06	1,02	1	1,02	1,07	1,15	1,23	1,29	1,28
25	1,27	1,21	1,14	1,06	1	0,98	1	1,07	1,16	1,27	1,34	1,33
30	1,3	1,23	1,14	1,05	0,98	0,96	0,98	1,06	1,17	1,3	1,38	1,37
35	1,33	1,24	1,14	1,03	0,96	0,93	0,96	1,04	1,17	1,32	1,42	1,41
40	1,35	1,25	1,13	1,01	0,92	0,89	0,92	1,02	1,17	1,34	1,44	1,43
45	1,35	1,25	1,11	0,98	0,88	0,85	0,88	0,99	1,15	1,34	1,46	1,45
50	1,35	1,24	1,09	0,94	0,84	0,8	0,84	0,95	1,13	1,33	1,47	1,46
55	1,35	1,22	1,06	0,9	0,78	0,74	0,78	0,91	1,1	1,32	1,47	1,45
60	1,33	1,19	1,02	0,85	0,73	0,68	0,73	0,86	1,06	1,3	1,45	1,44
65	1,31	1,16	0,98	0,8	0,67	0,62	0,66	0,8	1,02	1,26	1,43	1,42
70	1,27	1,12	0,93	0,74	0,6	0,55	0,6	0,74	0,97	1,22	1,4	1,4
75	1,23	1,07	0,87	0,67	0,53	0,48	0,53	0,68	0,91	1,17	1,36	1,36
80	1,19	1,02	0,81	0,6	0,46	0,4	0,45	0,6	0,84	1,12	1,31	1,31
85	1,13	0,96	0,74	0,53	0,38	0,32	0,38	0,53	0,77	1,05	1,26	1,26
90	1,07	0,89	0,67	0,46	0,3	0,25	0,3	0,45	0,7	0,98	1,19	1,2

Figura 7- Coeficiente K (IDAE, 2011)

### Número de horas útiles diarias de sol

Proporcionado por el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del I.D.A.E. Ver Figura 8.

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
De +25° a +45° (Hemisferio Norte)	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5

Tabla 3: Número medio de horas diarias de sol útiles para captadores orientados aproximadamente al ecuador e inclinados con ángulo igual a la latitud [4]

Figura 8- Número medio de horas diarias de sol útiles (IDAE, 2011)



## Calculo potencia incidida

Finalmente obtenemos la siguiente expresión (Ecuación 2):

$$W = E/h$$

*Ecuación 2- Potencia incidida (IDAE, 2011)*

En cuya fórmula, al aplicarla las unidades deben estar expresadas en magnitudes del sistema internacional, por lo tanto, E (julios) y el número de horas al sol en segundos.

Así, obtenemos la potencia incidida por cada mes del año en la ubicación estudiada para la instalación de los módulos fotovoltaicos.

## 1.3 Instalaciones fotovoltaicas

La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía renovable que se obtiene a partir de la conversión directa de la luz solar en electricidad mediante un dispositivo electrónico llamado “célula solar”.

Esta energía puede ser aprovechada bien para autoconsumo, o bien para producir electricidad para las redes de distribución. También es posible aprovecharla de ambas maneras al mismo tiempo.

### 1.3.1 Tipos de instalaciones

A partir de aquí distinguimos entre dos tipos de instalación fotovoltaica:

- Instalación fotovoltaica aislada: Se suele instalar en viviendas o terrenos agrícolas que no disponen de electricidad porque las compañías de distribución no son capaces de suministrarla. Suelen ser instalaciones de poca potencia, entre 3 y 10 kWp. Ver Figura 9.

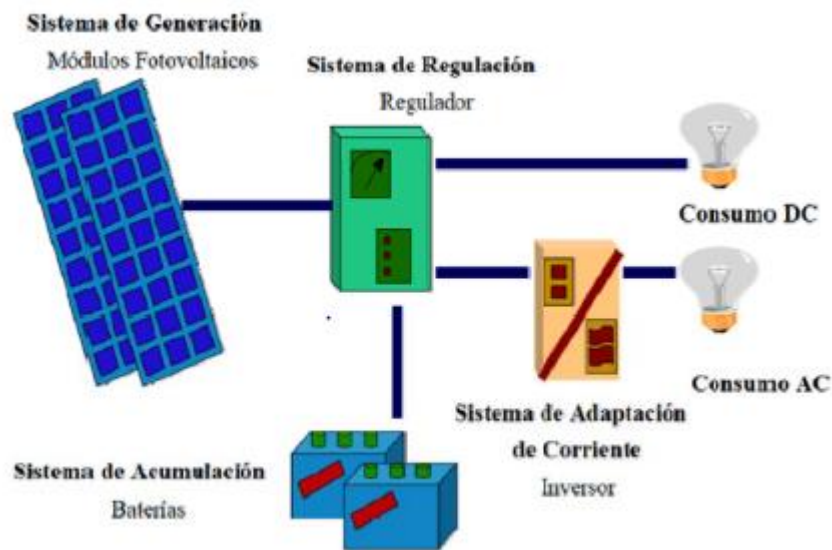


Figura 9- Esquema Instalación aislada (SYLTEC Ingeniería, 2018)

- Instalación fotovoltaica conectada a red: Estas instalaciones inyectan directamente la energía eléctrica que producen a la red de distribución. Por lo que los dueños de la instalación pueden utilizar una parte para el autoconsumo, y otra parte para generar un beneficio económico.

Dentro de este tipo de instalaciones podemos diferenciar entre:

- Autoconsumo instantáneo: En estas instalaciones existe una limitación en la generación de energía eléctrica para evitar inyectarla a la red.
- Autoconsumo sin limitación de inyección a red: Aquí no existen limitaciones en la energía producida por lo que se obtiene el máximo de energía posible de la instalación fotovoltaica.
- Autoconsumo con balance neto: No existe limitación de la energía producida, existiendo un balance de energías anual entre la producida por la instalación fotovoltaica y la consumida por la instalación interior. Este tipo de instalaciones están pendientes de una regulación próxima conocida como R. D. de Balance Neto

Durante el desarrollo del presente proyecto, nos centraremos únicamente en las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo (conexión a red).

En el marco de la legalidad dentro de España, se distinguen únicamente dos modalidades de autoconsumo, según el Real Decreto 244/2019 del 5 de abril:



- Sin excedentes: Se utilizan sistemas anti vertido para impedir la inyección de energía excedentaria a la red de distribución. Esto es posible acompañarlo de baterías para el almacenamiento de dicha energía.
- Con excedentes: El caso en el que las instalaciones fotovoltaicas pueden verter sus excedentes de energía a la red de distribución. Aquí aparecen dos variantes:
  - Acogido a compensación: De este modo la energía excedentaria del usuario se inyecta a la red, consiguiendo que al final del periodo de facturación el usuario reciba una compensación en su factura por parte de su compañía. Pueden acogerse tanto instalaciones individuales como colectivas. Esta modalidad es en cierto modo un Balance Neto, pero en términos de dinero, no de energía.
  - No acogido a compensación: En esta modalidad el usuario vierte su excedente a la red y se vende obteniendo por ello el precio del mercado eléctrico diario. El usuario es un productor de energía y cobra por ello.

### 1.3.2 Componentes de una instalación fotovoltaica

Los componentes básicos que debe tener una instalación fotovoltaica son los siguientes:

- Paneles solares fotovoltaicos: Están formados por el conjunto de células conectadas en serie y paralelo. Lo más usual es utilizar varios paneles de la misma potencia y voltaje. Corrientemente se utilizan ciertos voltajes estándar, como 1.5V, 6V, 12V, 24V y 48V, que son múltiplos entre ellos. La potencia necesaria se satisface conectando el número adecuado de módulos en serie y paralelo para variar la tensión y la potencia.

Los paneles fotovoltaicos se diferencian según el tipo de células que montan:



- Monocristalinos: Compuestos por células de silicio monocristalino. Tienen una eficiencia que varía entre el 15% y 17%. Ver figura 10.



*Figura 10 – Panel monocristalino*

- Policristalinos: Compuestos por células de silicio policristalino. Tienen una eficiencia que varía entre el 10% y el 12%. Ver figura 11.



*Figura 11 – Panel policristalino*

- Amorfos: Son menos eficientes y también menos costosos de producir. Eficiencia entre el 8% y 10%.

- **Inversores:** Es un dispositivo electrónico de potencia cuya función básica es transformar la corriente continua CC en corriente alterna AC, además de ajustarla en frecuencia y en tensión eficaz para su consumo.

En las instalaciones fotovoltaicas existen dos grandes grupos de inversores, los que se utilizan para instalaciones conectadas a la red y los que se utilizan para instalaciones fotovoltaicas aisladas.

Deben cumplir las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (certificaciones a cargo del fabricante), incorporando protecciones frente a cortocircuitos en alterna, tensiones de red fuera de rango, frecuencia de red fuera de rango, sobretensiones, perturbaciones presentes en la red como pulsos o micro cortes. Ver Figura 12.



*Figura 12- Inversor fotovoltaico marca "SMA"*

- **Cableado y protecciones:** Los conductores deben ser de cobre y con la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos y reducir las pérdidas al mínimo. Se admite un máximo de 1.5% de pérdidas en la parte de CC y otro 1.5% en la parte de AC.

Las protecciones de CC y de AC son distintas, y cumplen normativas diferentes.

El cableado en corriente continua va de los módulos al inversor, son cables unipolares, protegidos y señalados conforme marca la reglamentación vigente (Rojo-Negro). El cable más utilizado es un conductor flexible de cobre de aislamiento 0,6/1 KV con polietileno

reticulado denominado RV-K o RZ1-K cumpliendo la norma UNE 21.123-2

El cableado en corriente alterna es el que va desde el inversor hasta el punto de conexión con la red de distribución eléctrica. El cable más utilizado es un conductor flexible de cobre de aislamiento 0,6/1 KV con polietileno reticulado denominado RV-K o RZ1-K cumpliendo la norma UNE 21.123-2

Además, existen otro tipo de elementos adicionales que puede llevar una instalación fotovoltaica, como reguladores inteligentes o baterías de múltiples tipos. Pero en caso de estas últimas, no es posible en las instalaciones de autoconsumo conectadas a la red.

### 1.3.3 Instalación fotovoltaica conectada a Red

Previamente hemos definido de forma breve los tipos de instalaciones fotovoltaicas. Ahora vamos a profundizar en las instalaciones conectadas a red, ya que son las que abarcan la modalidad de autoconsumo.

Según establece la legislación vigente, los aspectos mínimos que debe cumplir una instalación fotovoltaica conectada a la red son los que enumeran a continuación:

- La instalación debe realizarse de acuerdo con el siguiente esquema (Figura 13):

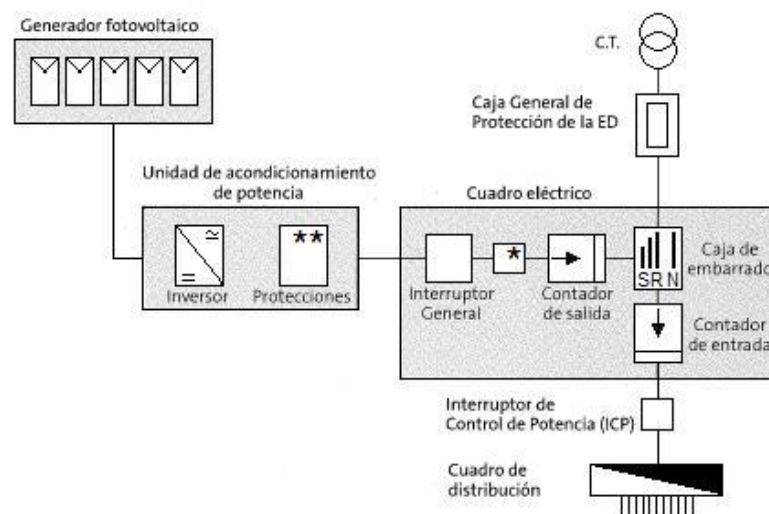


Figura 13 – Esquema instalación conectada a red (SYLTEC,2018)



- Si la suma de la potencia nominal de los inversores es superior a 5Kw, la conexión será trifásica, en caso contrario, monofásica.
- Las instalaciones fotovoltaicas no podrán diseñarse con acumuladores y/o equipos de consumo de energía intermedios entre el campo de módulos fotovoltaicos y la red de distribución.
- La variación de tensión provocada por la conexión y desconexión de la instalación a la red será trifásica
- Se procurará tener un factor de potencia lo más próximo posible a la unidad.
- Se dispondrá de un contador de energía de salida y otro de entrada de energía, o uno bidireccional. Todos ellos serán de clase 2 y precintados. La corriente nominal de salida de los inversores ha de estar comprendida entre el 50% de la corriente nominal y la corriente máxima de precisión del contador.
- Las protecciones por instalar entre el inversor y la red de la compañía han de ser las siguientes:
  - Interruptor magnetotérmico en el punto de conexión, accesible a la E.D (Empresa de Distribución).
  - Interruptor automático de la interconexión con relé de enclavamiento, estos accionados por variación de tensión y frecuencia.
  - El rearme de la conexión entre la instalación y la red ha de ser automático.
  - Los inversores han de cumplir los niveles de emisión e inmunidad frente a los armónicos y compatibilidad electromagnética de acuerdo con la legislación.
  - Las tomas de tierra de la instalación fotovoltaica serán independientes de la del neutro de la E.D y de las masas de la edificación.



## Configuraciones de inversores

- Configuración de inversor centralizado:

Cuando se conectan pocos módulos en serie en un ramal (de 3 a 5 módulos), la tensión a la salida del generador fotovoltaico está dentro del rango de bajas tensiones por lo que además de tener mayor seguridad eléctrica, tiene la ventaja de que a estos ramales de pocos módulos conectados en serie le afectan menos las sombras, ya que, como es el módulo que está más afectado por la sombra, es el que fija la corriente de todo el ramal, siendo esto mucho más perjudicial en un ramal con muchos módulos conectados en serie. Ver Figura 14.

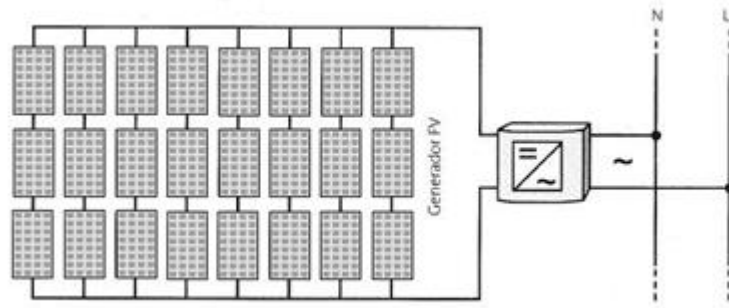


Figura 14- Configuración de inversor centralizado (SYLTEC, 2019)

Un caso particular de ramal corto es cuando todos los módulos se conectan en paralelo. En este caso, la configuración resultante se conoce como configuración de conexión en paralelo. Ver Figura 15.

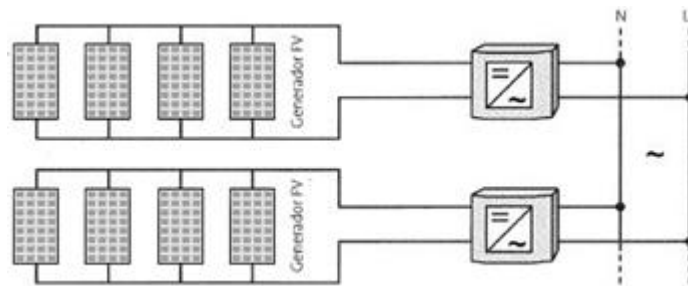


Figura 15- Configuración de conexión en paralelo (SYLTEC, 2019)

- Configuración de inversor por ramal:

En estas instalaciones se coloca un inversor en cada ramal. Es útil si cada ramal tiene una configuración de orientación e inclinación distinta, pues al instalar un inversor en cada una se consigue que los módulos reciban en cada momento el mismo nivel de irradiación. Ver Figura 16.

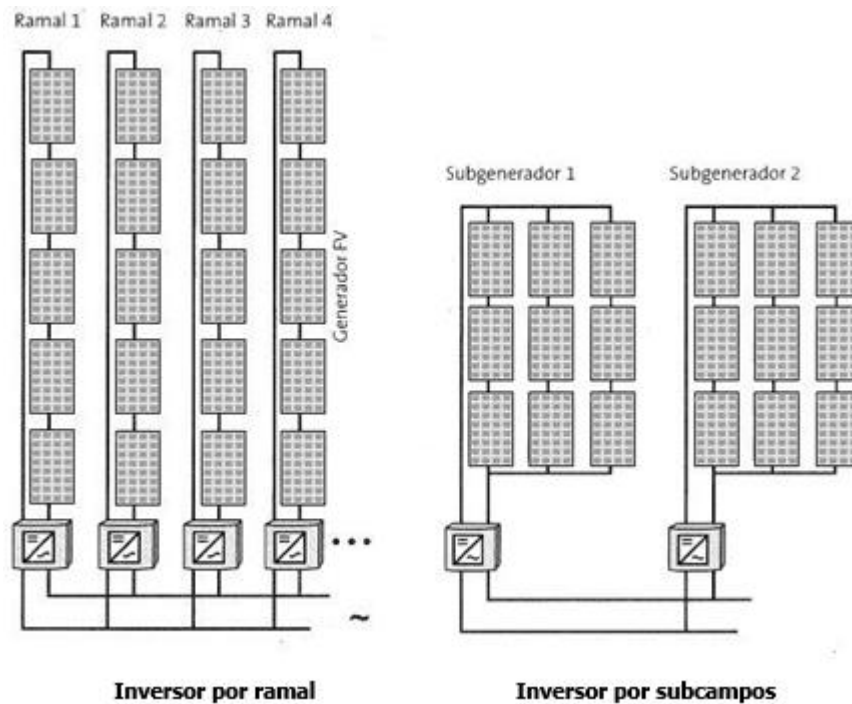


Figura 16- Configuración de inversor por ramal

Mediante el uso de inversores por ramal, la instalación fotovoltaica se simplifica y por ello los costes de montaje disminuyen considerablemente. Los inversores se colocan normalmente inmediatamente después del generador fotovoltaico. Todos ellos conectados en paralelo.

Presentan las siguientes ventajas:

- Supresión de la caja de conexiones del generador fotovoltaico
- Reducción del cableado de los módulos y supresión de la conducción principal de corriente continua.
- Reducción de costes asociada a los dos aspectos anteriores.

- Configuración de inversor en módulo:

Consiste en instalar un pequeño inversor independiente en cada uno de los módulos fotovoltaicos de la instalación. Así se consigue que cada uno de ellos trabaje a la máxima potencia. El inconveniente de este tipo de configuración es su alto coste. Ver figura 17.

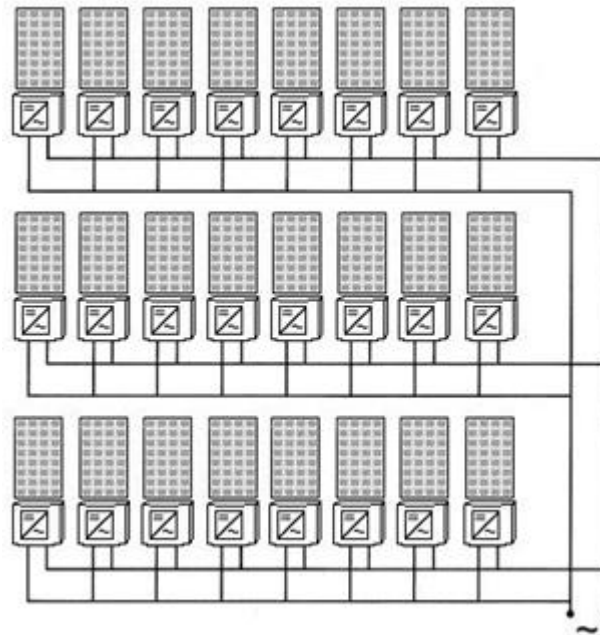


Figura 17- Configuración de inversor en módulo

#### Ubicación del inversor, protecciones y contadores:

Las distancias entre el generador fotovoltaico, inversor y contadores deben ser lo más cortas posibles con el objetivo de minimizar los costes y las pérdidas de energía en el cableado.

Es preferible que el inversor esté situado en el interior, para que esté protegido de condiciones ambientales adversas.

Las protecciones a la salida del inversor, así como los contadores, deben estar en un lugar accesible por el personal de la compañía distribuidora para poder leer los contadores y accionar las protecciones en caso de emergencia.

Consultar el Anexo “Cálculos técnicos de instalaciones fotovoltaicas” para más detalles e información técnica.



CAPITULO 2

DESARROLLO DEL  
SOFTWARE



## CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL SOFTWARE

Durante el presente capítulo se explicará el funcionamiento de la herramienta. Hay que tener en cuenta que es necesaria la información proporcionada por las facturas de la compañía eléctrica del usuario para la correcta utilización de la herramienta.

### 2.1 Modo Básico

#### 2.1.1 Entrada de datos

Al ejecutar la herramienta, se abrirá una ventana informativa que conviene leer. Ver figura 18.



Figura 18 – Ventana de bienvenida

Después de hacer clic en continuar, se abrirá el siguiente formulario en una ventana nueva. Ver Figura 19.

En el formulario, tiene la opción de

- **Calcular:** Debe introducir primero los datos que pide el formulario, posteriormente hace el cálculo y muestra al usuario la hoja de resultados, cerrando el formulario.
- **Modo avanzado:** Cierra el formulario y muestra al usuario el Excel completo, permitiendo ver su funcionamiento, así como la edición de ciertos parámetros que no pueden modificarse en el modo básico.
- **Salir:** Cierra el programa.

Energía Fotovoltaica

**Localización** Provincia

**Potencia contratada** Potencia contratada kW

**Precio de la electricidad** €/kWh (término energía)   
€/kW (término potencia)

**Variación de electricidad** Porcentaje actual

**Inversión** Entrada de datos

**Energía consumida** Entrada de datos

**Media mensual kWh**

Media mensual	417
Enero	300
Febrero	325
Marzo	350
Abril	360
Mayo	375
Junio	400
Julio	420
Agosto	425
Septiembre	420
Octubre	395
Noviembre	350
Diciembre	325

**IMPORTANTE: Escoja un método de entrada de datos. Si elige el presupuesto total del que dispone, escríbalo en la casilla de la derecha. Si escoge "€/Wp", debe introducir el precio medio del Kilowatio-pico del mercado. Una buena aproximación es 0,9.**

Calcular Modo Avanzado Salir

Figura 19 – Formulario de entrada de datos

En dicho formulario, deberá completar los siguientes campos:

- Localización: Debe elegir la provincia donde desea realizar el estudio para la instalación fotovoltaica. Encontrará una pestaña desplegable donde seleccionarla. Ver Figura 20.

**Localización** Provincia

**Potencia contratada** Potencia contratada kW

**Precio de la electricidad** €/kWh (término energía)   
€/kW (término potencia)

**Variación de electricidad** Porcentaje actual

Alava  
Albacete  
Alicante  
Almería  
Asturias  
Ávila  
Badajoz  
Barcelona

Figura 20 – Datos de entrada (localización, potencia contratada...)

- Potencia contratada: Introduzca la potencia que tiene contratada con su compañía eléctrica en kW. Se puede ver en la Figura 20.
- Precio de la electricidad: Introduzca el precio más reciente que disponga del término de energía y del término de potencia. Ver Figura 21.

**Potencia contratada** Potencia contratada kW

**Precio de la electricidad** €/kWh (término energía)   
€/kW (término potencia)

Figura 21 – Datos de entrada (precio electricidad)



- Inversión: El usuario debe elegir si estimar la inversión en función del precio €/Wp medio del mercado, o introducir la cantidad dispuesta a invertir. Para ello cuenta con una pestaña desplegable. Ver Figura 22.

**Inversión** Entrada de datos   
**Energía consumida** Entrada de datos

Figura 22 – Datos de entrada (inversión)

- Energía consumida: El usuario debe elegir en una pestaña desplegable si desea introducir el consumo mes a mes, o por el contrario decide introducir una media mensual. Lo ideal es introducir el consumo mes a mes, si se dispone de dicha información, para unos resultados más fiables. Después de elegir la entrada de datos, debe introducirlo en las casillas de la derecha. Ver Figura 23.

**Energía consumida** Entrada de datos

**IMPORTANTE: Escoja un método de entrada de datos. Si elige el presupuesto total del que dispone, escríbalo en la casilla de la derecha. Si escoge "€/Wp", debe introducir el precio medio del Kilowatio-pico del mercado. Una buena aproximación es 0,9.**

Media mensual	417
Enero	300
Febrero	325
Marzo	350
Abril	360
Mayo	375
Junio	400
Julio	420
Agosto	425
Septiembre	420
Octubre	395
Noviembre	350
Diciembre	325

Figura 23 – Datos de entrada (energía consumida)

Una vez completado, haga clic en calcular, el programa cerrará la ventana del formulario y abrirá la hoja de resultados (salidas).

### 2.1.2 Salidas

Esta hoja es la primera que se abrirá después de rellenar los datos de entrada. En ella se puede ver un resumen de la información más relevante para el usuario básico sobre la instalación fotovoltaica que desea estudiar. Ver Figura 24.

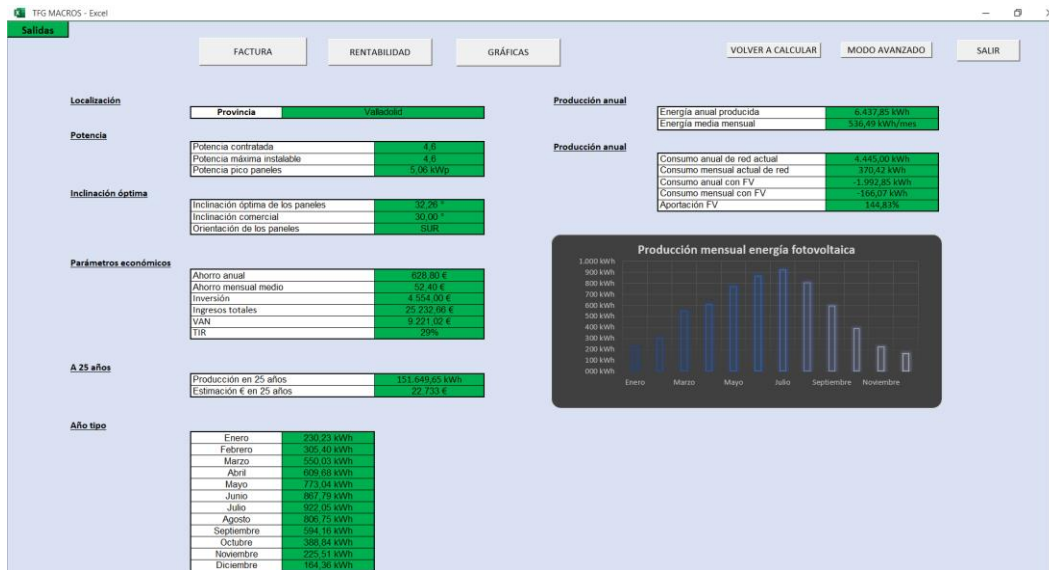


Figura 24 – Hoja salidas

El usuario verá en la parte superior de la hoja, tres botones nuevos, además de los ya explicados en el apartado 2.1.1 Entrada de datos (salir, modo avanzado, volver a calcular).

- Factura: Al hacer clic izquierdo en este botón, el programa llevará al usuario a la hoja “Factura”.
- Rentabilidad: Al usar este botón, el programa llevará al usuario a la hoja “Rentabilidad”.
- Gráficas: El programa llevará al usuario a la hoja “Gráficas”.

El usuario debe saber que el botón volver a calcular abrirá de nuevo el formulario de entrada de datos.

A continuación, se muestra una captura ampliada de la hoja de salidas, ver Figura 25.

La hoja de salidas, muestra la potencia pico de los paneles, siempre superior a la contratada, muestra la inclinación óptima de los paneles solares, y la comercial, además de la orientación.

<b>Localización</b>	<b>Provincia</b>	Valladolid
<b>Potencia</b>	Potencia contratada	4,6
	Potencia máxima instalable	4,6
	Potencia pico paneles	5,06 kWp
<b>Inclinación óptima</b>	Inclinación óptima de los paneles	32,26 °
	Inclinación comercial	30,00 °
	Orientación de los paneles	SUR
<b>Parámetros económicos</b>	Ahorro anual	628,80 €
	Ahorro mensual medio	52,40 €
	Inversión	4.554,00 €
	Ingresos totales	25.232,66 €
	VAN	9.221,02 €
	TIR	29%

Figura 25 – Datos varios hoja de salidas

Los parámetros económicos mostrados son un resumen de los resultados de las hojas “factura” y “rentabilidad”. El usuario puede comprobar en detalle estos resultados en dichas hojas. Ver Figura 26.

<b>Parámetros económicos</b>	Ahorro anual	628,80 €
	Ahorro mensual medio	52,40 €
	Inversión	4.554,00 €
	Ingresos totales	25.232,66 €
	VAN	9.221,02 €
	TIR	29%
<b>A 25 años</b>	Producción en 25 años	151.649,65 kWh
	Estimación € en 25 años	22.733 €
<b>Año tipo</b>	Enero	230,23 kWh
	Febrero	305,40 kWh
	Marzo	550,03 kWh
	Abril	609,68 kWh
	Mayo	773,04 kWh
	Junio	867,79 kWh
	Julio	922,05 kWh
	Agosto	806,75 kWh
	Septiembre	594,16 kWh
	Octubre	388,84 kWh
	Noviembre	225,51 kWh
	Diciembre	164,36 kWh

Figura 26 – Datos varios hoja de salidas

A continuación, el usuario puede comprobar la producción estimada en 25 años, así como una estimación del ahorro en € para dentro de 25 años. Ver Figura 26.

Se presentan tablas donde el usuario puede comprobar cual sería la producción mensual de energía fotovoltaica en kWh, así como el equivalente anual, y la media mensual durante el primer año. Ver Figura 26 y Figura 27.

A su vez, el usuario verá un gráfico donde se ven reflejada la producción por meses. Ver figura 27.

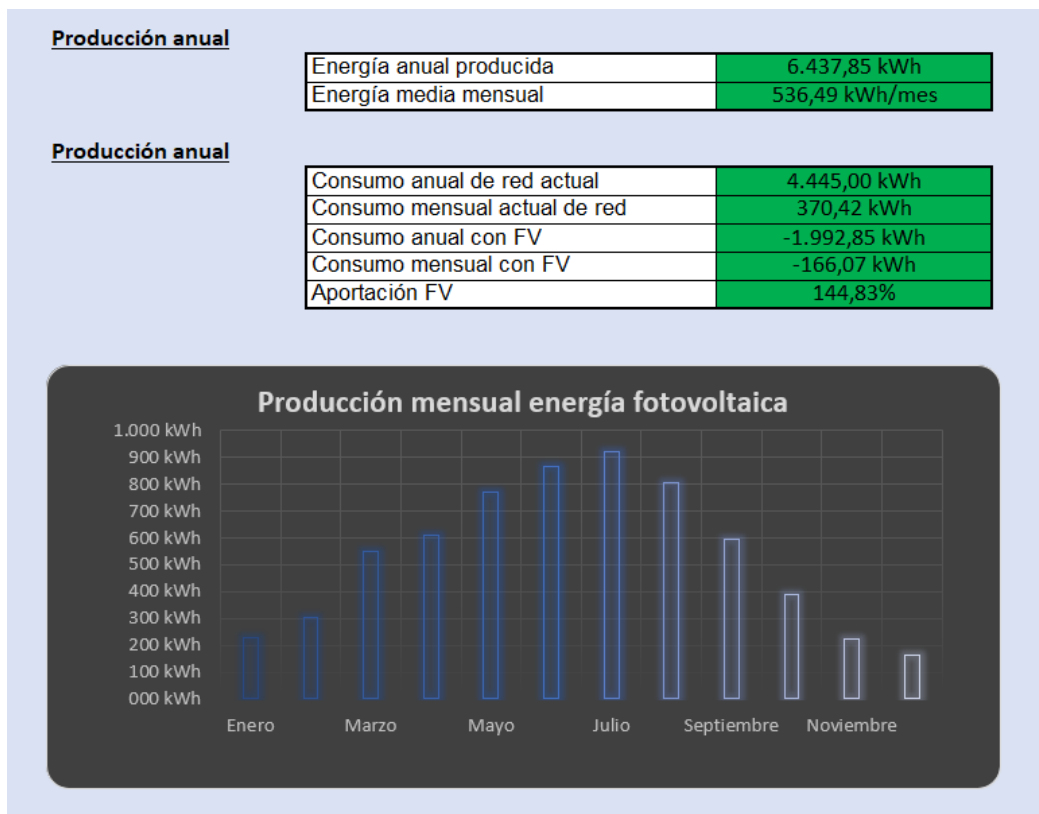


Figura 27 - Captura de pantalla hoja de salidas

### 2.1.3 Factura

Esta hoja tiene ubicados los botones para cambiar de hojas en su parte superior. Ver Figura 28.



Factura

SALIDAS RENTABILIDAD GRÁFICAS

VOLVER A CALCULAR MODOS AVANZADO SAHIR

**FACTURA ACTUAL**

Mes	Días	Potencia (kW)	Potencia (€)	Energía (kWh)	Energía (€)	Subtotal	Impuesto eléctrico	IVA	TOTAL
Enero	31	4,6	16,43 €	300	29,30 €	45,73 €	2,34 €	10,09 €	58,16 €
Febrero	28	4,6	14,84 €	325	31,74 €	46,58 €	2,38 €	10,28 €	59,24 €
Marzo	31	4,6	16,43 €	350	34,19 €	50,61 €	2,59 €	11,17 €	64,37 €
Abril	30	4,6	15,90 €	360	35,16 €	51,06 €	2,61 €	11,27 €	64,94 €
Mayo	31	4,6	16,43 €	375	36,63 €	53,55 €	2,71 €	11,71 €	67,97 €
Junio	30	4,6	15,90 €	400	39,07 €	54,97 €	2,81 €	12,13 €	69,91 €
Julio	31	4,6	16,43 €	420	41,00 €	57,45 €	2,94 €	12,68 €	73,07 €
Agosto	31	4,6	16,43 €	425	41,51 €	57,94 €	2,96 €	12,79 €	73,69 €
Septiembre	30	4,6	15,90 €	420	41,02 €	56,92 €	2,91 €	12,56 €	72,39 €
Octubre	31	4,6	16,43 €	395	38,58 €	55,01 €	2,81 €	12,14 €	69,96 €
Noviembre	30	4,6	15,90 €	350	34,19 €	50,98 €	2,59 €	11,50 €	63,70 €
Diciembre	31	4,6	16,43 €	325	31,74 €	48,17 €	2,48 €	10,83 €	61,27 €
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>193,40 €</b>	<b>4445</b>	<b>434,16 €</b>	<b>627,56 €</b>	<b>32,09 €</b>	<b>138,53 €</b>	<b>798,17 €</b>

**Datos**

Potencia contratada	4,6	kW
Término de potencia	0,115187468	€/kW
Término de energía	0,097673	€/kWh
Impuesto eléctrico	5,11%	%
IVA	21,00%	%

**FACTURA CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

Mes	Días	Potencia (kW)	Potencia (€)	Energía (kWh)	Energía (€)	Subtotal	Impuesto eléctrico	IVA	TOTAL
Enero	31	4,6	16,43 €	69,77	6,91 €	23,34 €	1,19 €	5,13 €	24,43 €
Febrero	28	4,6	14,84 €	19,60	1,91 €	16,75 €	0,86 €	3,70 €	17,61 €
Marzo	31	4,6	16,43 €	-200,03	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Abril	30	4,6	15,90 €	-249,08	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Mayo	31	4,6	16,43 €	-388,04	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Junio	30	4,6	15,90 €	-467,79	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Julio	31	4,6	16,43 €	-502,05	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Agosto	31	4,6	16,43 €	-381,75	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Septiembre	30	4,6	15,90 €	-174,16	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Octubre	31	4,6	16,43 €	5,16	0,50 €	17,03 €	0,87 €	3,76 €	17,90 €
Noviembre	30	4,6	15,90 €	124,49	12,16 €	28,05 €	1,43 €	6,19 €	29,49 €
Diciembre	31	4,6	16,43 €	160,04	15,69 €	32,12 €	1,64 €	7,08 €	35,76 €
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>193,40 €</b>	<b>-1992,85</b>	<b>37,18 €</b>	<b>230,58 €</b>	<b>11,79 €</b>	<b>50,90 €</b>	<b>242,37 €</b>

**AHORROS TERMINO ENERGIA**

Mes	Sin FV	Con FV	Ahorro	
kWh	€	kWh	%	
Enero	300	29,302	69,77	23,24%
Febrero	325	31,744	19,60	6,03%
Marzo	350	34,186	-200,03	-19,54%
Abril	360	35,162	-249,08	-24,38%
Mayo	375	36,627	-388,04	-206,14%
Junio	400	39,069	-467,79	-45,69%
Julio	420	41,023	-502,05	-49,04%
Agosto	425	41,511	-381,75	-37,29%
Septiembre	420	41,023	-174,16	-14,47%
Octubre	395	38,581	5,16	0,64%
Noviembre	350	34,186	124,49	17,16%
Diciembre	325	31,744	160,04	17,16%

Figura 28 – Hoja factura

El usuario verá 4 tablas.

La tabla de la derecha (ver Figura 29) contiene datos necesarios para el cálculo de la factura, como los impuestos, de 5.113% en el caso del impuesto eléctrico, y de 21% en el caso del IVA. Además, están los precios de la energía y potencia introducidos por el usuario, así como la potencia contratada.

**Datos**

Potencia contratada	4,6	kW
Término de potencia	0,115187468	€/kW
Término de energía	0,097673	€/kWh
Impuesto eléctrico	5,11%	%
IVA	21,00%	%

Figura 29 – Datos hoja facturas

La primera es la factura que paga actualmente, mes a mes, y el total de todo el año. Ver Figura 30.



## RENTABILIDAD Y VIABILIDAD DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO



FACTURA ACTUAL									
Mes	Días	Potencia (kW)	Potencia (€)	Energía (kWh)	Energía (€)	Subtotal	Impuesto eléctrico	IVA	TOTAL
Enero	31	4,6	16,43 €	300	29,30 €	45,73 €	2,34 €	10,09 €	58,16 €
Febrero	28	4,6	14,84 €	325	31,74 €	46,58 €	2,38 €	10,28 €	59,24 €
Marzo	31	4,6	16,43 €	350	34,19 €	50,61 €	2,59 €	11,17 €	64,37 €
Abril	30	4,6	15,90 €	360	35,16 €	51,06 €	2,61 €	11,27 €	64,94 €
Mayo	31	4,6	16,43 €	375	36,63 €	53,05 €	2,71 €	11,71 €	67,48 €
Junio	30	4,6	15,90 €	400	39,07 €	54,97 €	2,81 €	12,13 €	69,91 €
Julio	31	4,6	16,43 €	420	41,02 €	57,45 €	2,94 €	12,68 €	73,07 €
Agosto	31	4,6	16,43 €	425	41,51 €	57,94 €	2,96 €	12,79 €	73,69 €
Septiembre	30	4,6	15,90 €	420	41,02 €	56,92 €	2,91 €	12,56 €	72,39 €
Octubre	31	4,6	16,43 €	395	38,58 €	55,01 €	2,81 €	12,14 €	69,96 €
Noviembre	30	4,6	15,90 €	350	34,19 €	50,08 €	2,56 €	11,05 €	63,70 €
Diciembre	31	4,6	16,43 €	325	31,74 €	48,17 €	2,46 €	10,63 €	61,27 €
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>193,40 €</b>	<b>4445</b>	<b>434,16 €</b>	<b>627,56 €</b>	<b>32,09 €</b>	<b>138,53 €</b>	<b>798,17 €</b>

FACTURA CON INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA									
Mes	Días	Potencia (kW)	Potencia (€)	Energía (kWh)	Energía (€)	Subtotal	Impuesto eléctrico	IVA	TOTAL
Enero	31	4,6	16,43 €	69,77	6,81 €	23,24 €	1,19 €	5,13 €	24,43 €
Febrero	28	4,6	14,84 €	19,60	1,91 €	16,75 €	0,86 €	3,70 €	17,61 €
Marzo	31	4,6	16,43 €	-200,03	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Abril	30	4,6	15,90 €	-249,68	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Mayo	31	4,6	16,43 €	-398,04	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Junio	30	4,6	15,90 €	-467,79	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Julio	31	4,6	16,43 €	-502,05	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Agosto	31	4,6	16,43 €	-381,75	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Septiembre	30	4,6	15,90 €	-174,16	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Octubre	31	4,6	16,43 €	6,16	0,60 €	17,03 €	0,87 €	3,76 €	17,90 €
Noviembre	30	4,6	15,90 €	124,49	12,16 €	28,05 €	1,43 €	6,19 €	29,49 €
Diciembre	31	4,6	16,43 €	160,64	15,69 €	32,12 €	1,64 €	7,09 €	33,76 €
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>193,40 €</b>	<b>-1992,85</b>	<b>37,18 €</b>	<b>230,58 €</b>	<b>11,79 €</b>	<b>50,90 €</b>	<b>242,37 €</b>

Figura 30 – Factura actual y factura con FV

La segunda es la factura que el usuario pagaría en el caso de que realizase la instalación fotovoltaica. La energía, en el caso de ser negativa, pasa a tener coste 0, puesto que el coste no puede ser negativo. Al producir la energía necesaria para autoconsumo, o incluso más, toda esa misma energía la dejamos de consumir de la red eléctrica, por lo que el coste es 0, pero nunca menor.

La última tabla ofrece un resumen del ahorro en el término de energía que supondría al usuario tener la instalación fotovoltaica. Ver Figura 31.

AHORROS TERMINO ENERGÍA						
Mes	Sin FV		Con FV		Ahorro energía	Ahorro económico
	kWh	€	kWh	€	%	%
Enero	300	29,302	69,77	6,81 €	76,74%	76,74%
Febrero	325	31,744	19,60	1,91 €	93,97%	93,97%
Marzo	350	34,186	-200,03	0,00 €	157,15%	100,00%
Abril	360	35,162	-249,68	0,00 €	169,35%	100,00%
Mayo	375	36,627	-398,04	0,00 €	206,14%	100,00%
Junio	400	39,069	-467,79	0,00 €	216,95%	100,00%
Julio	420	41,023	-502,05	0,00 €	219,54%	100,00%
Agosto	425	41,511	-381,75	0,00 €	189,82%	100,00%
Septiembre	420	41,023	-174,16	0,00 €	141,47%	100,00%
Octubre	395	38,581	6,16	0,60 €	98,44%	98,44%
Noviembre	350	34,186	124,49	12,16 €	64,43%	64,43%
Diciembre	325	31,744	160,64	15,69 €	50,57%	50,57%
<b>TOTAL</b>	<b>4445</b>	<b>434,156</b>	<b>-1992,85</b>	<b>37,18 €</b>	<b>140,38%</b>	<b>90,35%</b>

Figura 31 – Ahorros término de energía

### 2.1.4 Rentabilidad

La hoja rentabilidad cuenta en la parte superior con los mismos botones que la hoja de salidas y factura. Ver Figura 32.

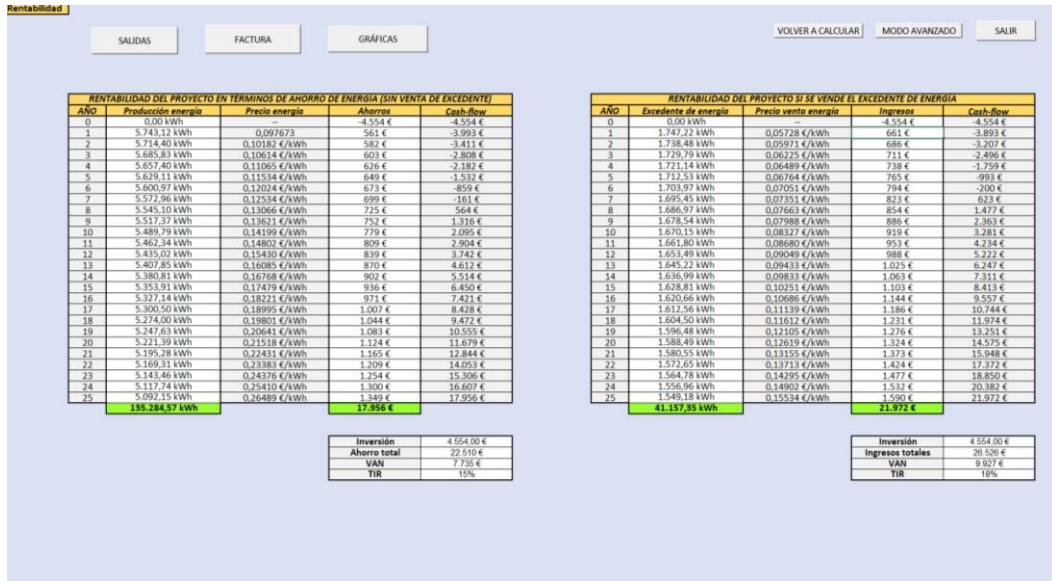


Figura 32 – Hoja rentabilidad

En esta hoja encontraremos 4 tablas, separadas en pares. La primera es la rentabilidad en términos de ahorro de energía (Ver Figura 33). La segunda es la rentabilidad del proyecto si, además, se vende el excedente de energía.

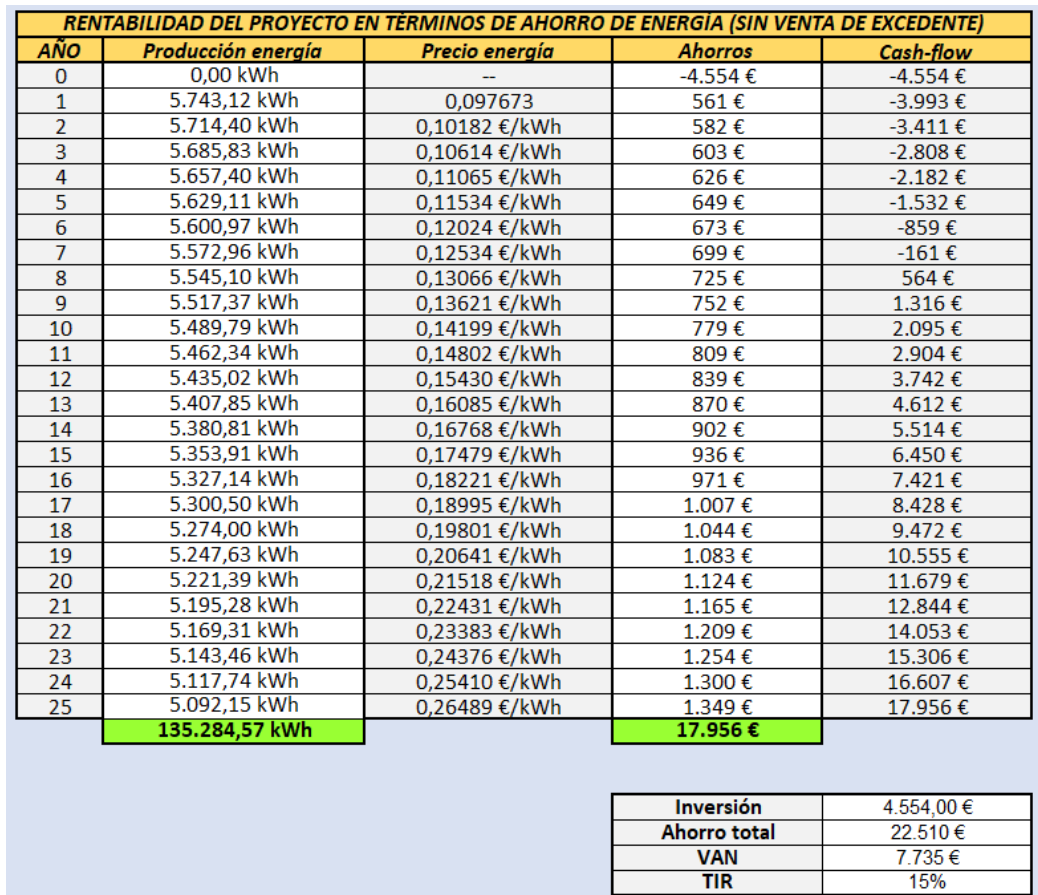


Figura 33 – Rentabilidad en términos de ahorro de energías





El usuario puede ver cómo la producción de energía va disminuyendo poco a poco cada año que pasa, debido a la pérdida de potencia de la instalación con el paso de los años. Además, también se puede ver la estimación de la evolución del precio de la energía en €/kWh según pasan los años.

La principal diferencia entre los dos tipos de rentabilidad ofrecidos en esta hoja es que la rentabilidad en términos de ahorro utiliza el precio de venta de las distribuidoras eléctricas, es decir, el usuario ve el dinero que ahorraría los siguientes 25 años por dejar de pagar el precio que no para de aumentar. El usuario puede ver en qué año ha amortizado la inversión de la instalación con el dinero que se ha ahorrado cuando el flujo de caja (Cash-flow) pasa a ser positivo.

Por tanto, la segunda tabla explica la rentabilidad del proyecto, ahora sí, en el caso de que vendamos nuestro excedente de energía, teniendo en cuenta el ahorro que supone no pagar la energía ya que la producimos por nuestra cuenta. Ver Figura 34.

Las pequeñas tablas finales muestran los datos económicos de interés: El VAN y el TIR.

Se puede comprobar por los resultados de la Figura 34, que en este caso el usuario obtiene una rentabilidad mayor, ya que ahorra dinero, y, además, gana dinero con la compensación económica que recibe de la compañía distribuidora por el excedente de energía.

En esta tabla, se introducen los datos de excedentes de energía en el primer año, que no son más que la suma de energía fotovoltaica producida excedente, calculada a partir de los resultados mensuales de la hoja “factura”.





RENTABILIDAD DEL PROYECTO SI SE VENDE EL EXCEDENTE DE ENERGÍA				
AÑO	Excedente de energía	Precio venta energía	Ingresos	Cash-flow
0	0,00 kWh	--	-4.554 €	-4.554 €
1	1.747,22 kWh	0,05728 €/kWh	661 €	-3.893 €
2	1.738,48 kWh	0,05971 €/kWh	686 €	-3.207 €
3	1.729,79 kWh	0,06225 €/kWh	711 €	-2.496 €
4	1.721,14 kWh	0,06489 €/kWh	738 €	-1.759 €
5	1.712,53 kWh	0,06764 €/kWh	765 €	-993 €
6	1.703,97 kWh	0,07051 €/kWh	794 €	-200 €
7	1.695,45 kWh	0,07351 €/kWh	823 €	623 €
8	1.686,97 kWh	0,07663 €/kWh	854 €	1.477 €
9	1.678,54 kWh	0,07988 €/kWh	886 €	2.363 €
10	1.670,15 kWh	0,08327 €/kWh	919 €	3.281 €
11	1.661,80 kWh	0,08680 €/kWh	953 €	4.234 €
12	1.653,49 kWh	0,09049 €/kWh	988 €	5.222 €
13	1.645,22 kWh	0,09433 €/kWh	1.025 €	6.247 €
14	1.636,99 kWh	0,09833 €/kWh	1.063 €	7.311 €
15	1.628,81 kWh	0,10251 €/kWh	1.103 €	8.413 €
16	1.620,66 kWh	0,10686 €/kWh	1.144 €	9.557 €
17	1.612,56 kWh	0,11139 €/kWh	1.186 €	10.744 €
18	1.604,50 kWh	0,11612 €/kWh	1.231 €	11.974 €
19	1.596,48 kWh	0,12105 €/kWh	1.276 €	13.251 €
20	1.588,49 kWh	0,12619 €/kWh	1.324 €	14.575 €
21	1.580,55 kWh	0,13155 €/kWh	1.373 €	15.948 €
22	1.572,65 kWh	0,13713 €/kWh	1.424 €	17.372 €
23	1.564,78 kWh	0,14295 €/kWh	1.477 €	18.850 €
24	1.556,96 kWh	0,14902 €/kWh	1.532 €	20.382 €
25	1.549,18 kWh	0,15534 €/kWh	1.590 €	21.972 €
	<b>41.157,35 kWh</b>		<b>21.972 €</b>	

<b>Inversión</b>	4.554,00 €
<b>Ingresos totales</b>	26.526 €
<b>VAN</b>	9.927 €
<b>TIR</b>	18%

Figura 34 – Rentabilidad del proyecto si se vende el excedente de energía

### 2.1.5 Gráficas

En esta hoja el usuario encontrará los ya explicados botones para cambiar de hoja, volver a calcular, modo avanzado, o salir.

Además, hay dos gráficas distintas, que se explicarán a continuación. Ver Figura 35.

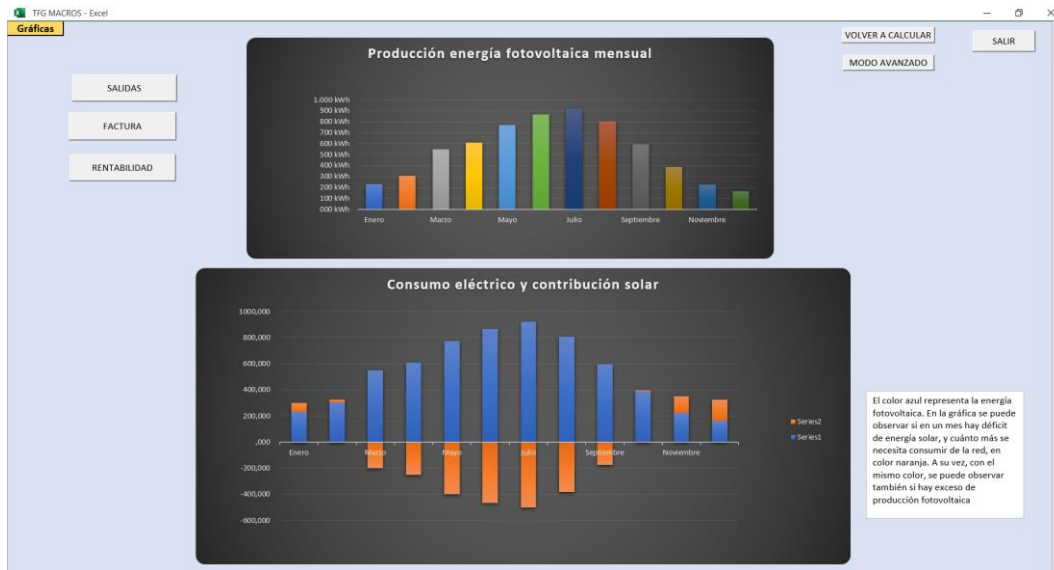


Figura 35 – Hoja gráficas

En la primera gráfica encontramos los datos de producción de energía fotovoltaica, mes a mes. Esta gráfica se ve reflejada también en la hoja de salidas. Ver Figura 36.

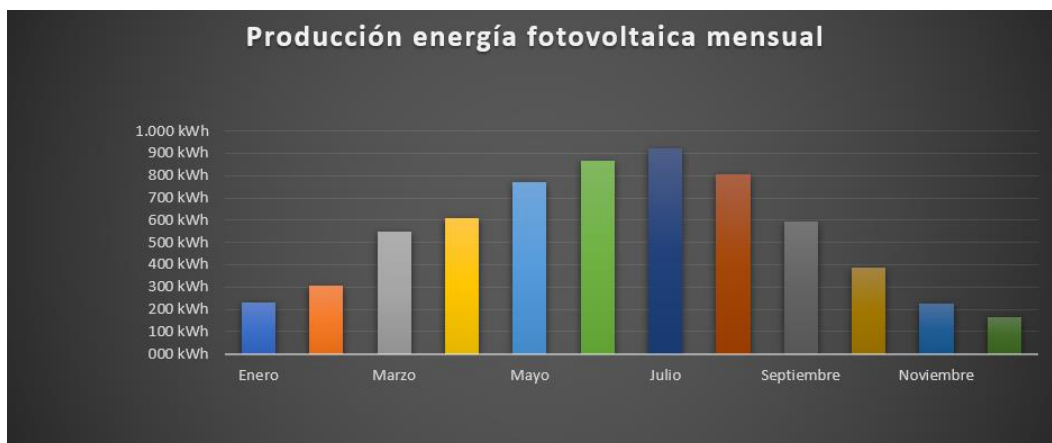


Figura 36 – Gráfica producción energía fotovoltaica mensual

También es de interés la gráfica de consumo eléctrico y contribución solar de la Figura 37.

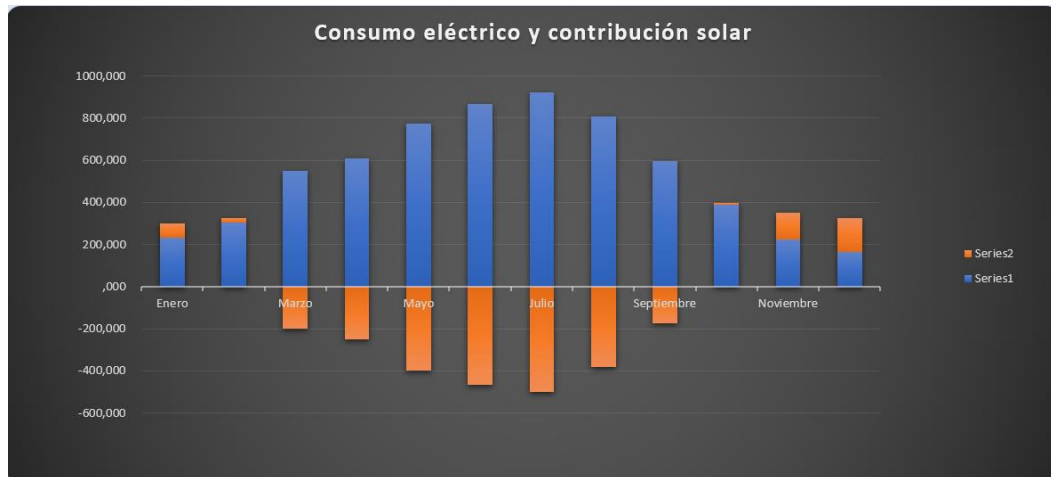


Figura 37 – Consumo eléctrico y contribución solar

En la segunda gráfica, podemos ver en color azul el consumo que haría un usuario usando su instalación fotovoltaica. Como se puede observar, en los meses de invierno, por encima de las barras azules existe un tramo naranja. Este tramo representa la fracción de energía que se demanda a la red al no producir suficiente energía mediante la instalación fotovoltaica.

Por el contrario, cuando la energía generada mediante la instalación fotovoltaica es superior a la demanda del usuario, existirá un excedente que no se consume, representado en color naranja, pero por debajo del eje, indicando cuánta energía sobra.

## 2.2 Modo Avanzado

### ¿Qué es?

El modo avanzado otorga al usuario los permisos necesarios para poder visualizar el libro de Excel al completo, pudiendo así ver hojas que no son visibles desde el modo básico, desbloqueando la barra de fórmulas, así como la barra de herramientas, para permitir al usuario conocer cómo funciona el programa, y cómo se relacionan las diferentes hojas, e incluso modificar celdas y parámetros que no son editables desde el modo básico.

### ¿Cómo se accede?

El usuario puede acceder al modo avanzado de dos maneras:

- Desde el formulario de entrada de datos: El usuario encontrará el botón de modo avanzado en la parte inferior del formulario, entre los botones de calcular y salir. Ver figura 38.

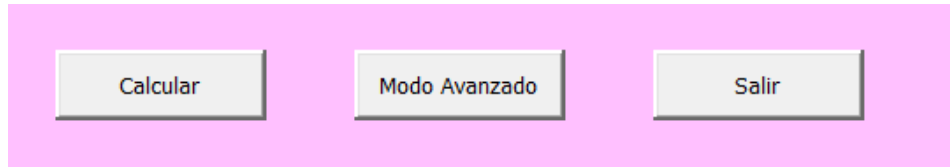


Figura 38 – Botón Modo Avanzado

- Desde los botones de las hojas de resultados: El usuario puede acceder al modo avanzado después de haber realizado los cálculos vía formulario básico. Al completar el mismo, se direcciona al usuario a la página de salidas, que contiene el mismo botón, así como la hoja de facturas, rentabilidad, y gráficas.

El modo avanzado también permite al usuario poder ejercer de programador, ya que el programa es un Excel habilitado para macros, en lenguaje de programación VBA.

Para poder ver el código del programa, el usuario debe situarse en la barra de herramientas, en “Programador”.

Si el usuario desea entender cómo se relacionan las hojas del libro de Excel en profundidad, es decir, cómo funciona detalladamente el programa, debe ir al Capítulo 3, apartado 3.4. Pero se recomienda previamente haber leído la guía de usuario avanzado para familiarizarse con el programa antes.

### 2.2.1 Entrada de datos

La primera hoja que encontrará el usuario avanzado de la herramienta Excel será la hoja de entrada de datos. Al igual que el formulario del modo básico, la hoja debe ser rellenada con los datos que considere el usuario.

En ella, en primer lugar, en **localización**, encontraremos celda con una pestaña desplegable para seleccionar la provincia en la que queramos realizar la instalación fotovoltaica. Esta celda está ligada a una hoja llamada “MeteoData”, que proporciona los datos de irradiación solar y temperatura en función de la provincia elegida, para el posterior cálculo de la producción de energía solar. Ver figura 39.



En segundo lugar, debe indicar la **potencia** que tiene contratada con su compañía eléctrica, en kilovatios. Ver figura 39.

El **precio de la electricidad** es un dato que conviene introducir siendo obtenido de la factura más reciente posible, para poder obtener los resultados más fiables y cercanos a la realidad. El término de energía se introduce en €/kWh, y el término de potencia en €/kW. Ver figura 39.

<b>Localización:</b>	Provincia	Valladolid
<b>Potencia:</b>	Potencia contratada (kW)	4
<b>Precio de la electricidad</b>	€/kWh (término de energía)	0,142138
	€/kW (término de potencia)	0,059817

Figura 39 – Entrada de datos (localización, potencia, precio electricidad)

La **variación del precio de la electricidad** es un porcentaje calculado sobre el incremento del precio de un periodo de 9 años. Este porcentaje estimado es necesario para el posterior cálculo de la rentabilidad de la inversión. Esta variación se calcula y explica en una hoja de Excel dedicada, llamada “Variación precio”. Ver Figura 40.

<b>Variación precio electricidad</b>	Porcentaje anual	5,43%
--------------------------------------	------------------	-------

Figura 40 – Variación precio electricidad

En el apartado de **inversión**, el usuario debe elegir si estimar la inversión en función del precio €/Wp medio del mercado, o introducir la cantidad dispuesta a invertir. Ver Figura 41.

<b>Inversión</b>	Modo de entrada de datos	€/Wp	→	1,5
	Total			6.600,00 €

Figura 41 - Inversión

La **energía consumida** puede introducirse mediante los valores exactos de cada mes, o mediante una media mensual, a elección del usuario mediante otra celda desplegable. El método de entrada de datos que dará unos resultados más fiables es el de los valores exactos para cada mes, puesto que existen diferencias notables entre invierno y verano en el consumo. Ver Figura 42.



Energía consumida	Modo de entrada de datos	Valores exactos para cada mes		kWh
			Media mensual	417
			Enero	300
			Febrero	325
			Marzo	350
			Abril	360
			Mayo	375
			Junio	400
			Julio	420
			Agosto	425
			Septiembre	420
			Octubre	395
			Noviembre	350
			Diciembre	325

Figura 42 – Energía consumida

### 2.2.2 Salida de datos

En la hoja de salida de datos, encontraremos los resultados más relevantes para el usuario en las celdas verdes. La hoja está desprotegida para su posible edición por parte del usuario, pero su contenido es exactamente igual al ofrecido en el modo básico. Ver apartado 2.1.2 (Salidas) de este mismo capítulo.

### 2.2.3 MeteoData

En esta hoja encontraremos los datos de irradiación y temperatura media mensual de cada provincia de España. Además, en cada provincia viene especificada la altura a la que se encuentra sobre el nivel del mar, la longitud y la latitud. Ver Figura 43.

Esta hoja de datos es imprescindible para el cálculo de producción de energía solar, pues para ello es necesario conocer la irradiación de la zona sometida al estudio.



	Álava	Albacete	Alicante	Almería	Asturias	Ávila	Badajoz	Barcelona
<b>h (m)</b>	550	675	2	0	273	1131	196	12
<b>LONG</b>	-2,40	-1,52	-0,29	-2,26	-5,50	-4,31	-6,58	2,
<b>LAT</b>	42,51	39,00	38,21	36,50	43,21	40,40	38,53	41,
<b>Enero</b>	49	71	79	80	45	65	71	5,
<b>Febrero</b>	67	84	95	95	59	77	82	6,
<b>Marzo</b>	117	131	145	145	104	139	144	11
<b>Abril</b>	136	161	168	168	125	152	155	14
<b>Mayo</b>	175	200	203	203	162	202	202	16
<b>Junio</b>	192	225	211	211	169	221	217	18
<b>Julio</b>	201	231	224	225	171	231	236	20
<b>Agosto</b>	177	205	193	193	149	203	213	17
<b>Septiembre</b>	135	143	153	153	120	151	157	13
<b>Octubre</b>	91	97	117	117	82	105	115	9,
<b>Noviembre</b>	54	77	75	75	50	64	69	5,
<b>Diciembre</b>	41	61	70	70	38	49	58	4,
<b>Total</b>	<b>1435</b>	<b>1686</b>	<b>1733</b>	<b>1735</b>	<b>1274</b>	<b>1659</b>	<b>197</b>	<b>144</b>
<b>Enero</b>	4,90	5,10	10,50	13,80	8,10	3,00	8,70	9,
<b>Febrero</b>	5,40	6,40	11,10	13,90	9,10	5,30	10,10	10,
<b>Marzo</b>	7,30	8,60	12,20	14,70	9,90	7,50	12,10	12,
<b>Abril</b>	8,90	11,00	14,10	15,70	10,80	9,70	14,20	14,
<b>Mayo</b>	12,40	15,30	17,30	18,20	13,10	13,10	17,90	17,
<b>Junio</b>	15,50	20,10	21,00	21,70	16,20	18,20	22,20	21,
<b>Julio</b>	18,40	24,20	24,00	25,10	18,40	22,50	25,30	24,
<b>Agosto</b>	18,80	23,80	24,70	26,00	18,70	21,60	25,00	23,
<b>Septiembre</b>	16,80	20,10	22,40	24,60	17,70	17,60	22,50	21,
<b>Octubre</b>	13,10	14,20	18,40	20,60	14,50	12,70	17,40	17,
<b>Noviembre</b>	7,90	8,70	13,90	17,00	11,20	7,20	12,10	13,
<b>Diciembre</b>	5,30	5,40	11,10	14,50	9,30	3,70	9,00	10,
<b>Media Anual</b>	<b>11,21</b>	<b>13,58</b>	<b>16,73</b>	<b>18,82</b>	<b>13,08</b>	<b>11,84</b>	<b>16,38</b>	<b>16,</b>

Figura 43 - MeteoData

Estos datos están obtenidos a partir de PVGIS, en cuya herramienta virtual se puede conocer la radiación de la latitud deseada durante los años comprendidos entre 2007 y 2016. Al ser la radiación una variable que cada año presenta un valor similar, pero no igual, se ha realizado una estimación basada en la media de los años que proporciona PVGIS, actualizado por última vez en 2017. Es importante aclarar que no se han utilizado las tablas del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDEA, por ser éstas más antiguas que los datos que proporciona la Comisión Europea (PVGIS). Por lo que se ha dado más validez a estas últimas por ser más actuales. Los datos están, además, avalados por ingenieros de SYLTEC Ingeniería.

El usuario avanzado puede editar y/o actualizar los datos ofrecidos en esta hoja para obtener los resultados más representativos al momento en el que se realice el estudio.

### 2.2.4 Producción

La hoja de producción muestra 3 tablas. La primera es la tabla que calculará la producción de energía eléctrica. La segunda tabla resume los datos de radiación en función de la provincia elegida, y su correspondiente latitud.





### 2.2.5 Rendimientos

Los rendimientos mensuales calculados en esta hoja se expresan en porcentajes. A partir de los datos de temperaturas medias y radiación de la hoja “MeteoData”. En la Figura 46 se pueden ver recopilados los datos de temperaturas y radiación de la provincia elegida.

Provincia:		Cantabria					
Temperaturas medias		Radiación		Potencia pico	5,06 kWp		
<i>Ene</i>	9,70	45		Potencia nominal	4,60 kWn		
<i>Feb</i>	10,00	58		Ratio (kWp/kWn)	1,1		
<i>Mar</i>	11,20	103					
<i>Abr</i>	12,40	125					
<i>May</i>	15,20	161					
<i>Jun</i>	17,80	168					
<i>Jul</i>	19,90	170					
<i>Ago</i>	20,10	147					
<i>Sep</i>	19,20	120					
<i>Oct</i>	16,00	81					
<i>Nov</i>	11,70	50					
<i>Dic</i>	10,30	38					
<b>Promedio</b>	<b>14,458</b>	<b>105,500</b>					

Figura 46 – Hoja rendimientos, datos de temperatura y radiación

La tabla de la Figura 47 estima los rendimientos por diversos factores, según el manual “Módulo 3 Instalaciones Fotovoltaicas” (SYLTEC, 2019):

- FS: Rendimiento por pérdidas por sombreado. Entre el 0% y el 40%.
- Fpol: Rendimiento por pérdidas debidas al polvo, suciedad, nieve, etc.... Entre 1% y 3%
- FCca: Rendimiento por pérdidas debidas caídas de tensión en corriente alterna. Entre 0,5% y 1,5%.
- FCcc: Rendimiento por pérdidas debidas a caídas de tensión en corriente continua. Entre 0,5% y 1,5%
- FD: Rendimiento por pérdidas de irradiación débil. Entre 3% y 7%.
- Finv: Rendimiento por pérdidas del inversor. Entre 6% y 15%, depende directamente del fabricante.
- FT: Rendimiento por pérdidas de temperatura. Entre 5% y 15%.



- PR: Performance ratio (coeficiente de pérdidas).
- PRG: Performance ratio global.

TABLA DE ESTIMACION DE RENDIMIENTOS POR DIVERSOS FACTORES										
MES	DIAS	FS	Fpoi	Fcca	FCcc	FD	Finv	FT	PR	PRG
<b>Ene</b>	31	88,90%	97,00%	98,61%	99,64%	96,00%	95,81%	98,28%	80,23%	<b>76,59%</b>
<b>Feb</b>	28	93,58%	97,00%	98,58%	99,61%	96,00%	95,63%	97,49%	83,75%	<b>79,78%</b>
<b>Mar</b>	31	96,82%	97,00%	98,48%	99,51%	96,00%	95,52%	96,61%	85,78%	<b>81,54%</b>
<b>Abr</b>	30	98,78%	97,00%	98,41%	99,44%	96,00%	95,47%	95,69%	86,62%	<b>82,24%</b>
<b>May</b>	31	99,43%	97,00%	98,34%	99,37%	96,00%	95,53%	94,10%	85,68%	<b>81,33%</b>
<b>Jun</b>	30	99,71%	97,00%	98,22%	99,25%	96,00%	95,61%	92,21%	84,09%	<b>79,80%</b>
<b>Jul</b>	31	99,45%	97,00%	98,19%	99,22%	96,00%	95,70%	90,63%	82,41%	<b>78,26%</b>
<b>Ago</b>	31	99,01%	97,00%	98,10%	99,13%	96,00%	95,72%	90,80%	82,13%	<b>77,93%</b>
<b>Sep</b>	30	97,80%	97,00%	98,21%	99,24%	96,00%	95,71%	92,04%	82,32%	<b>78,19%</b>
<b>Oct</b>	31	94,72%	97,00%	98,33%	99,36%	96,00%	95,73%	94,32%	81,81%	<b>77,82%</b>
<b>Nov</b>	30	90,29%	97,00%	98,42%	99,45%	96,00%	95,82%	96,79%	80,09%	<b>76,32%</b>
<b>Dic</b>	31	87,23%	97,00%	98,59%	99,62%	96,00%	95,88%	98,15%	78,60%	<b>75,08%</b>
<b>Promedio</b>	365	95,48%	97,00%	98,37%	99,41%	96,00%	95,68%	94,76%	82,79%	<b>78,74%</b>

Figura 47 – Rendimientos

### 2.2.6 Rentabilidad

La hoja “Rentabilidad” muestra las mismas tablas que se muestran en el modo básico del programa.

Pero en el caso del modo avanzado, el usuario podrá ser capaz de modificar parámetros que no es posible cambiar desde el modo básico, como es la tasa de descuento, en la hoja de entradas. O incluso el excedente de energía de la segunda tabla para poder elegirlo a su gusto

A través de las columnas Ingresos y Cash Flow, calculadas desde los datos anteriores, la herramienta calcula el VAN y el TIR.

La herramienta ofrece en una tabla resumen los datos financieros obtenidos, además de la inversión inicial. Por lo que el usuario puede valorar si la instalación le es rentable o no.

Además, en la propia tabla, ya que ordena los datos por años, podemos ver los años que va a tardar la instalación en rentabilizar la inversión, siendo fácil de identificar, pues será el primer año que tenga un Cash Flow positivo. Ver Figura 48.

RENTABILIDAD DEL PROYECTO SI SE VENDE EL EXCEDENTE DE ENERGÍA				
AÑO	Excedente de energía	Precio venta energía	Ingresos	Cash-flow
0	0,00 kWh	–	-4.554 €	-4.554 €
1	1.747,22 kWh	0,05728 €/kWh	661 €	-3.893 €
2	1.738,48 kWh	0,05971 €/kWh	686 €	-3.207 €
3	1.729,79 kWh	0,06225 €/kWh	711 €	-2.496 €
4	1.721,14 kWh	0,06489 €/kWh	738 €	-1.759 €
5	1.712,53 kWh	0,06764 €/kWh	765 €	-993 €
6	1.703,97 kWh	0,07051 €/kWh	794 €	-200 €
7	1.695,45 kWh	0,07351 €/kWh	823 €	623 €
8	1.686,97 kWh	0,07663 €/kWh	854 €	1.477 €
9	1.678,54 kWh	0,07988 €/kWh	886 €	2.363 €
10	1.670,15 kWh	0,08327 €/kWh	919 €	3.281 €
11	1.661,80 kWh	0,08680 €/kWh	953 €	4.234 €
12	1.653,49 kWh	0,09049 €/kWh	988 €	5.222 €
13	1.645,22 kWh	0,09433 €/kWh	1.025 €	6.247 €
14	1.636,99 kWh	0,09833 €/kWh	1.063 €	7.311 €
15	1.628,81 kWh	0,10251 €/kWh	1.103 €	8.413 €
16	1.620,66 kWh	0,10686 €/kWh	1.144 €	9.557 €
17	1.612,56 kWh	0,11139 €/kWh	1.186 €	10.744 €
18	1.604,50 kWh	0,11612 €/kWh	1.231 €	11.974 €
19	1.596,48 kWh	0,12105 €/kWh	1.276 €	13.251 €
20	1.588,49 kWh	0,12619 €/kWh	1.324 €	14.575 €
21	1.580,55 kWh	0,13155 €/kWh	1.373 €	15.948 €
22	1.572,65 kWh	0,13713 €/kWh	1.424 €	17.372 €
23	1.564,78 kWh	0,14295 €/kWh	1.477 €	18.850 €
24	1.556,96 kWh	0,14902 €/kWh	1.532 €	20.382 €
25	1.549,18 kWh	0,15534 €/kWh	1.590 €	21.972 €
	<b>41.157,35 kWh</b>		<b>21.972 €</b>	

<b>Inversión</b>	4.554,00 €
<b>Ingresos totales</b>	26.526 €
<b>VAN</b>	9.927 €
<b>TIR</b>	18%

Figura 48 - Rentabilidad

### 2.2.8 Factura

En esta hoja el usuario encontrará dos tablas que comparan las facturas mensuales del usuario antes y después de la instalación fotovoltaica, para que así pueda ver el ahorro económico que le supondría la realización de dicha instalación. Ver Figura 49.

FACTURA ACTUAL									
Mes	Días	Potencia (kW)	Potencia (€)	Energía (kWh)	Energía (€)	Subtotal	Impuesto eléctrico	IVA	TOTAL
Enero	31	4,6	16,43 €	300	29,30 €	45,73 €	2,34 €	10,09 €	58,16 €
Febrero	28	4,6	14,84 €	325	31,74 €	46,58 €	2,38 €	10,28 €	59,24 €
Marzo	31	4,6	16,43 €	350	34,19 €	50,61 €	2,59 €	11,17 €	64,37 €
Abril	30	4,6	15,90 €	360	35,16 €	51,06 €	2,61 €	11,27 €	64,94 €
Mayo	31	4,6	16,43 €	375	36,63 €	53,05 €	2,71 €	11,71 €	67,48 €
Junio	30	4,6	15,90 €	400	39,07 €	54,97 €	2,81 €	12,13 €	69,91 €
Julio	31	4,6	16,43 €	420	41,02 €	57,45 €	2,94 €	12,68 €	73,07 €
Agosto	31	4,6	16,43 €	425	41,51 €	57,94 €	2,96 €	12,79 €	73,69 €
Septiembre	30	4,6	15,90 €	420	41,02 €	56,92 €	2,91 €	12,56 €	72,39 €
Octubre	31	4,6	16,43 €	395	38,58 €	55,01 €	2,81 €	12,14 €	69,96 €
Noviembre	30	4,6	15,90 €	350	34,19 €	50,08 €	2,56 €	11,05 €	63,70 €
Diciembre	31	4,6	16,43 €	325	31,74 €	48,17 €	2,46 €	10,63 €	61,27 €
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>193,40 €</b>	<b>4445</b>	<b>434,16 €</b>	<b>627,56 €</b>	<b>32,09 €</b>	<b>138,53 €</b>	<b>798,17 €</b>

Figura 49 - Factura actual

En el caso de la factura con instalación fotovoltaica, se ha tenido en cuenta que el total nunca puede ser 0€, puesto que el término de potencia es fijo. Ver Figura 50.

FACTURA CON INSTALACION FOTOVOLTAICA									
Mes	Días	Potencia (kW)	Potencia (€)	Energía (kWh)	Energía (€)	Subtotal	Impuesto eléctrico	IVA	TOTAL
Enero	31	4,6	16,43 €	45,33	4,43 €	20,85 €	1,07 €	4,60 €	21,92 €
Febrero	28	4,6	14,84 €	10,89	1,06 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Marzo	31	4,6	16,43 €	-229,72	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Abril	30	4,6	15,90 €	-279,40	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Mayo	31	4,6	16,43 €	-465,71	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Junio	30	4,6	15,90 €	-498,24	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Julio	31	4,6	16,43 €	-496,68	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Agosto	31	4,6	16,43 €	-379,01	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Septiembre	30	4,6	15,90 €	-183,58	0,00 €	15,90 €	0,81 €	3,51 €	16,71 €
Octubre	31	4,6	16,43 €	-22,01	0,00 €	16,43 €	0,84 €	3,63 €	17,27 €
Noviembre	30	4,6	15,90 €	101,04	9,87 €	25,77 €	1,32 €	5,69 €	27,08 €
Diciembre	31	4,6	16,43 €	137,28	13,41 €	29,83 €	1,53 €	6,59 €	31,36 €
<b>TOTAL</b>	<b>365</b>	<b>0</b>	<b>193,40 €</b>	<b>-2259,80</b>	<b>28,77 €</b>	<b>222,17 €</b>	<b>11,36 €</b>	<b>49,04 €</b>	<b>233,53 €</b>

Figura 50 – Factura con FV

A mayores, se muestra una tabla que ofrece al usuario ver el ahorro en términos de energía. El usuario avanzado será capaz de modificar los parámetros fijos de la hoja como el IVA o el impuesto eléctrico. Ver Figura 51.

AHORROS TÉRMINO ENERGÍA						
Mes	Sin FV		Con FV		Ahorro energía	Ahorro económico
	kWh	€	kWh	€	%	%
Enero	300	29,302	69,77	6,81 €	76,74%	76,74%
Febrero	325	31,744	19,60	1,91 €	93,97%	93,97%
Marzo	350	34,186	-200,03	0,00 €	157,15%	100,00%
Abril	360	35,162	-249,68	0,00 €	169,35%	100,00%
Mayo	375	36,627	-398,04	0,00 €	206,14%	100,00%
Junio	400	39,069	-467,79	0,00 €	216,95%	100,00%
Julio	420	41,023	-502,05	0,00 €	219,54%	100,00%
Agosto	425	41,511	-381,75	0,00 €	189,82%	100,00%
Septiembre	420	41,023	-174,16	0,00 €	141,47%	100,00%
Octubre	395	38,581	6,16	0,60 €	98,44%	98,44%
Noviembre	350	34,186	124,49	12,16 €	64,43%	64,43%
Diciembre	325	31,744	160,64	15,69 €	50,57%	50,57%
<b>TOTAL</b>	<b>4445</b>	<b>434,156</b>	<b>-1992,85</b>	<b>37,18 €</b>	<b>140,38%</b>	<b>90,35%</b>

Figura 51 – Ahorros término de energía

### 2.2.9 Gráficas

Esta hoja se presenta al usuario avanzado exactamente igual que en el modo básico (Ver apartado 2.1.5 de este capítulo). La única diferencia es que el usuario encontrará la hoja desprotegida, además de poder contar con la barra de herramientas y fórmulas y otra serie de características que no están disponibles desde el modo básico. Por tanto, el usuario puede editar las gráficas a su gusto.

### 2.2.10 Variación Precio

En esta hoja el usuario encontrará una tabla que contiene datos de las subidas del precio de la energía y la potencia para la tarifa estándar -ATR 2.0 A- Obtenidos de la web de un usuario llamado Javier Sevillano que realiza un estudio sobre la evolución del precio de la electricidad en España, con fuentes fiables como Eurostat, Endesa o Iberdrola (Evolución de las tarifas eléctricas, 2019). Esta tabla calcula cual es la variación porcentual entre los sucesivos cambios del precio, para finalmente calcular una variación porcentual anual media. Ver Figura 52.

Valores de la tarifa eléctrica -ATR 2.0 A-				
Año	Fecha cambio Tarifa	Precios		%
		Potencia (€/día)	Energía (€/kWh)	
2007	01/01/2007	0,0527296	0,089868	--
	01/07/2007	0,0527296	0,089868	0,00%
2008	01/01/2008	0,0544696	0,092834	3,30%
	01/07/2008	0,0544696	0,092834	0,00%
2009	01/01/2009	0,0547452	0,11248	21,16%
	01/07/2009	0,0565290	0,11473	2,00%
2010	01/01/2010	0,0565290	0,117759	2,64%
	01/10/2010	0,0565290	0,125159	6,28%
2011	01/01/2011	0,0565290	0,140069	11,91%
	01/07/2011	0,0565290	0,142319	1,61%
	01/10/2011	0,0563750	0,152559	7,20%
2012	01/01/2012	0,07427	0,168075	10,17%
	01/06/2012	0,059817	0,142138	-15,43%
	01/07/2012	0,059817	0,142208	0,05%
	01/10/2012	0,059817	0,149198	4,92%
2013	01/01/2013	0,05998134	0,150938	1,17%
	01/04/2013	0,05998134	0,138658	-8,14%
	01/10/2013	0,09766979	0,130485	-5,89%
2014	01/01/2014	0,09766979	0,133295	2,15%
	01/02/2014	0,11518747	0,124107	-6,89%
	01/04/2014	0,11518747	0,124107	0,00%
2015	01/01/2015	0,11518747	0,124107	0,00%
	01/10/2015	0,11518747	0,124107	0,00%
<b>Variación anual</b>				<b>4,24%</b>

Figura 52 – Variación precio



CAPITULO 3

GUIA DEL  
PROGRAMADOR







## CAPÍTULO 3: GUÍA DEL PROGRAMADOR

Durante el siguiente capítulo, se explicará de forma detallada cómo funciona el programa. El programa está compuesto por las hojas del libro de Excel, que el usuario puede ver mediante el modo avanzado, y por un código de programación en lenguaje Visual Basic para aplicaciones de Windows; en nuestro caso, Excel.

Composición del programa en detalle:

- Objetos de Excel: 9 hojas.
- Formularios: 2 formularios (UserForm1 y UserForm2).
- Código: Código del libro (ThisWorkbook), un módulo (macros).

Mediante esta guía, el programador conocerá cómo se relacionan los formularios con las hojas, cómo están diseñadas las macros del programa, qué funciones tiene programadas de manera interna y de modo automático. Es decir, tendrá capacidad para entender el programa y así modificar su funcionamiento, si así se desea.

### 3.1 Arranque del programa y funciones preprogramadas

El programa, al inicializarse, tiene una serie de funciones preprogramadas para que se ejecuten durante dicho arranque. Ver Figura 53.

```
Private Sub Workbook_Open()  
    Application.Visible = False  
    ExecuteExcel4Macro ("show.toolbar("""ribbon"",1)") ' 1 muestra la barra de herramientas, 0 la oculta  
    ActiveWindow.DisplayWorkbookTabs = True 'Oculta las fichas de las hojas  
    ActiveWindow.DisplayHeadings = True 'Oculta títulos  
    Application.DisplayFormulaBar = True 'Oculta la barra de formulas  
    ActiveWindow.DisplayGridlines = True 'Oculta las líneas de la cuadrícula  
    Application.DisplayStatusBar = True 'Oculta la barra de estado  
    Application.DisplayFullScreen = False 'Pantalla completa, esc para cerrar si executeexcel4macro (1)  
    ActiveWindow.DisplayHorizontalScrollBar = True 'Ocultar barra horizontal de scroll de la hoja de excel  
    ActiveWindow.DisplayVerticalScrollBar = True 'Ocultar barra vertical de scroll de la hoja de excel  
  
    Dim frm As New UserForm2  
  
    frm.Show  
  
    Set frm = Nothing  
End Sub
```

Figura 53- Código de ThisWorkbook

En la Figura 53 podemos ver el código que se ejecuta cuando se abre el libro de Excel. Se utilizan las siguientes funciones:

- Application.Visible: La función que permite visualizar o no la ventana de Excel. Por defecto esta función está activada, pero al otorgarle el valor *False* al iniciar el programa, se consigue que no se visualice la ventana



de Excel, para no entorpecer al usuario la visión del formulario que se ejecuta al inicio.

- `ExecuteExcel4Macro ("show.toolbar("ribbon", 1))`: Esta función sirve para habilitar o deshabilitar la barra de herramientas. Cuando el valor numérico es 1, la muestra. En cambio, si el valor es 0, la oculta. Al iniciar el programa, se establece el valor *True* puesto que es posible que la última vez que se utilizase el programa, se cerrase desde el modo básico, el cual oculta la barra de herramientas al usuario.
- `ActiveWindow.DisplayWorkbookTabs`: Esta función es la que permite al usuario poder ver los nombres de las hojas del libro de Excel, en la parte inferior de la ventana. Se inicia en *True* porque es posible que la última vez que se utilizase el programa, se cerrase desde el modo básico, el cual oculta los nombres de las hojas al usuario.
- `ActiveWindow.DisplayHeadings`: Función que permite al usuario ver los títulos de las ventanas de Excel. Se inicia en *true* por la misma razón que las anteriores funciones.
- `Application.DisplayFormulaBar`: Función que habilita y deshabilita la barra de fórmulas del libro de Excel. La razón para iniciar el libro activando esta función es que es posible que la última vez que se cerró el libro estuviera deshabilitada.
- `ActiveWindow.DisplayGridlines`: Esta función permite visualizar las líneas de cuadrícula de las hojas del libro de Excel. Al iniciar el programa con esta función en *True*, aseguramos que las líneas puedan visualizarse en caso de que el programa se cerrase desde el modo básico.
- `Application.DisplayStatusBar`: Con esta función activada, el usuario ve la barra de estado en la parte inferior de la ventana de Excel. Al establecer el valor *False* se oculta.
- `ActiveWindow.DisplayHorizontalScrollBar`: La función habilita el scroll horizontal de una hoja de Excel. Se inicializa el programa con esta función en *True* porque el modo básico deshabilita el scroll.
- `ActiveWindow.DisplayHorizontalScrollBar`: La misma función que la anterior para el scroll vertical.

Con estas funciones se consigue que el libro de Excel se encuentre con todas sus funciones y barras habilitadas por si anteriormente alguna función estuviese deshabilitada. Además, se oculta completamente el libro al usuario para llamar al primer formulario que verá, *UserForm2*.

## 3.2 Programación de formularios

### 3.2.1 Formulario UserForm2

Este formulario es la primera ventana que el usuario encontrará al ejecutar el programa. Se trata de un formulario de diseño sencillo, compuesto por un texto informativo (TextBox), una imagen y dos botones de comando (CommandButton en lenguaje VBA). Ver Figura 54.

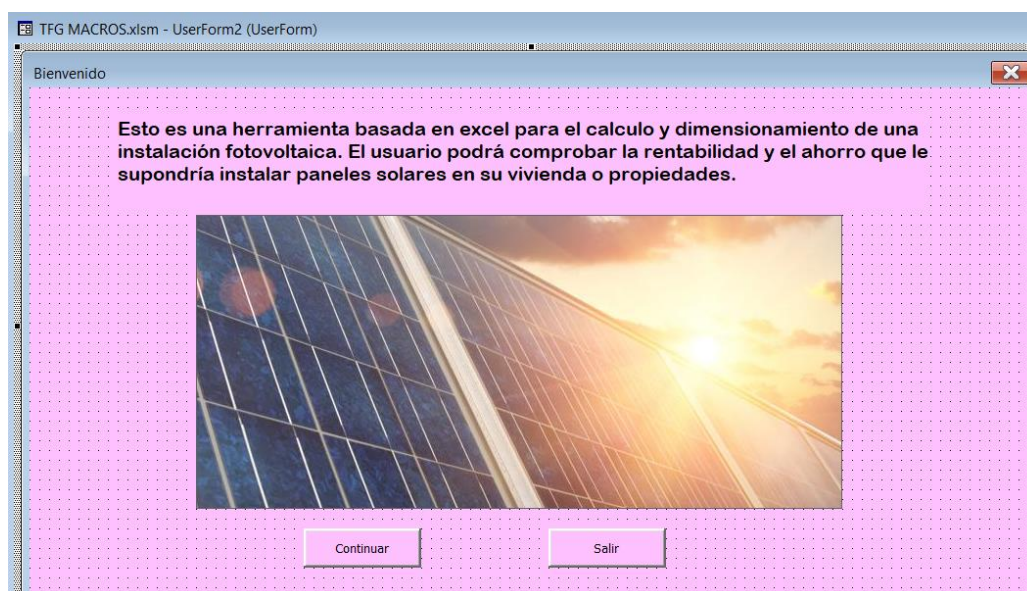


Figura 54 – Formulario UserForm2

En la parte inferior de la ventana, encontramos el botón *Salir*, que cierra el programa usando la función *Application.Quit*, y el botón *Continuar*, que abre el siguiente formulario, *UserForm1*, mediante la función *Show*, además de cerrar el formulario actual mediante *Unload Me*. Ver Figura 55.

```
TFG MACROS.xlsm - UserForm2 (Código)
UserForm
Private Sub CommandButton1_Click()
    Unload Me
    UserForm1.Show
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
    Application.Quit
End Sub

Private Sub Image1_BeforeDragOver(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean, ByVal D
End Sub

Private Sub Label1_Click()
End Sub

Private Sub UserForm_Click()
    MsgBox "Eliga continuar o salir del programa"
End Sub
```

Figura 55 – Formulario UserForm2 (Código)

Está programado que, al hacer clic en cualquier parte de la ventana, aparezca una ventana de Windows con un mensaje para el usuario (*MsgBox*). Puede verse en `Private_Sub UserForm_Click()`. Ver Figura 55.

Los nombres de los botones de comando y el cuadro de texto se editan directamente desde el modo diseño de Visual Basic, desde la propiedad “Caption”. Ver Figura 56.

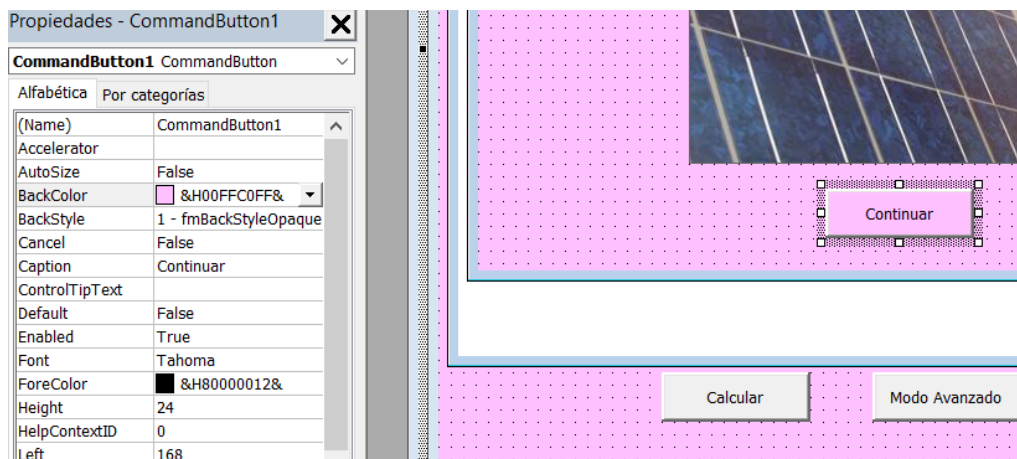


Figura 56 – Barra de propiedades

### 3.2.2 Formulario UserForm1

Una vez el usuario haga clic en *Continuar* desde el primer formulario, se abrirá el segundo, *UserForm1*. Esta ventana está formada por una serie de etiquetas, cuadros de texto, pestañas de selección, y botones de comando. Ver Figura 57.

**Localización** Provincia

**Potencia contratada** Potencia contratada KW

**Precio de la electricidad** €/kWh (término energía)   
€/kW (término potencia)

**Variación de electricidad** Porcentaje actual

**Inversión** Entrada de datos

**Energía consumida** Entrada de datos  kWh

Media mensual	kWh
Enero	<input type="text"/>
Febrero	<input type="text"/>
Marzo	<input type="text"/>
Abril	<input type="text"/>
Mayo	<input type="text"/>
Junio	<input type="text"/>
Julio	<input type="text"/>
Agosto	<input type="text"/>
Septiembre	<input type="text"/>
Octubre	<input type="text"/>
Noviembre	<input type="text"/>
Diciembre	<input type="text"/>

**¡IMPORTANTE: Escoja un método de entrada de datos. Si elige el presupuesto total del que dispone, escríbalo en la casilla de la derecha. Si escoge "€/Wp", debe introducir el precio medio del Kilowatio-pico del mercado. Una buena aproximación es 0,9.**

Calcular Modo Avanzado Salir

Figura 57 – Formulario UserForm1

Como se puede observar, la ventana está diseñada a modo de formulario web, para facilitar así a los usuarios el poder introducir la información de entrada.

El formulario cuenta con un total de 28 etiquetas (*labels*). Además, cuenta con una a mayores, informativa, como puede verse en la Figura 57.

Seis son etiquetas en letra negrita, cursiva y subrayada, como títulos de los apartados que deben rellenarse por el usuario final. Pueden encontrarse en columna en la parte izquierda de la ventana. Los nombres en orden descendente son: *label2*, *label5*, *label7*, *label8*, *label9* y *label10*. Ver Figura 57.

A su derecha se encuentran las etiquetas de los distintos subapartados del formulario. Un total de siete. Los nombres en orden descendente son: *label4*, *label1*, *label3*, *label6*, *label11* y *label13*. Ver Figura 58.



<b><u>Localización</u></b>	Provincia
<b><u>Potencia contratada</u></b>	Potencia contratada kW
<b><u>Precio de la electricidad</u></b>	€/kWh (término energía)
	€/kW (término potencia)
<b><u>Variación de electricidad</u></b>	Porcentaje actual
<b><u>Inversión</u></b>	Entrada de datos
<b><u>Energía consumida</u></b>	Entrada de datos

Figura 58 - Etiquetas

En la parte inferior derecha encontramos otras 14 etiquetas, 12 de ellas con cada uno de los meses del año. Los nombres son: *label28* (kWh), *label15* (media mensual). Y en orden descendente: *label16*, *label17*, *label18*, *label19*, *label20*, *label21*, *label23*, *label24*, *label22*, *label23*, *label24*, *label25*. Ver Figura 59.

	kWh
Media mensual	
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Septiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

Figura 59 – Etiquetas y cuadros de texto

Todas estas etiquetas de texto están editadas directamente desde el modo diseño de Microsoft Visual Basic para Aplicaciones. El texto que muestran se puede modificar en cualquier momento desde la barra de propiedades, con la propiedad “Caption”. Por tanto, no dependen del contenido del libro de Excel, son etiquetas fijas.

Por último, contamos con una etiqueta dependiente del contenido del libro, la etiqueta *label14*. Ver Figura 60.

Figura 60 – Etiqueta label14 resaltada

Esta etiqueta muestra la información de una celda del libro de Excel, de modo que en el modo diseño aparece vacía, pero al ejecutar el programa muestra un valor numérico que el usuario no va a poder editar, puesto que lo visualizará como una etiqueta más. Esto puede verse en la Figura 61. La línea de código: “Label14.Object = Format(Worksheets("variaciónprecio").Cells(31, 7), "0.000%")” muestra el contenido de dicha celda en formato porcentaje.

```
TFG MACROS.xlsm - UserForm1 (Código)
UserForm Initialize
Private Sub UserForm_Initialize()
    Me.ComboBox1.RowSource = "MeteoData!B50:B101"
    TextBox1.Text = Worksheets("ENTRADAS").Cells(7, 3)
    TextBox2.Text = Worksheets("ENTRADAS").Cells(10, 3)
    TextBox3.Text = Worksheets("entradas").Cells(11, 3)
    TextBox4.Text = Worksheets("entradas").Cells(24, 6)
    TextBox5.Text = Worksheets("entradas").Cells(26, 6)
    TextBox6.Text = Worksheets("entradas").Cells(27, 6)
    TextBox7.Text = Worksheets("entradas").Cells(28, 6)
    TextBox8.Text = Worksheets("entradas").Cells(29, 6)
    TextBox9.Text = Worksheets("entradas").Cells(30, 6)
    TextBox17.Text = Worksheets("entradas").Cells(31, 6)
    TextBox18.Text = Worksheets("entradas").Cells(32, 6)
    TextBox19.Text = Worksheets("entradas").Cells(33, 6)
    TextBox20.Text = Worksheets("entradas").Cells(34, 6)
    TextBox21.Text = Worksheets("entradas").Cells(35, 6)
    TextBox22.Text = Worksheets("entradas").Cells(36, 6)
    TextBox23.Text = Worksheets("entradas").Cells(37, 6)

    Label14.Object = Format(Worksheets("variaciónprecio").Cells(31, 7), "0.000%")
    Me.ComboBox2.RowSource = "entradas!A95:A96"
    Me.ComboBox3.RowSource = "entradas!A74:A75"
End Sub
```

Figura 61 – Código que se ejecuta al inicializar el formulario UserForm1

Las pestañas de selección (*ComboBox*) reciben los datos a mostrar en un listado desde las hojas del libro de Excel, especificando el rango de celdas que desean mostrar.

Los cuadros de texto recogen los datos directamente de la hoja “entradas” del libro. Ver Figura 61.

Además, también reciben los datos que introduzca el usuario a través del formulario y los incluyen en la hoja “entradas”, sustituyendo el valor que



anteriormente estuviera en la casilla correspondiente. Estas instrucciones se ejecutan cuando el usuario hace clic en el botón “calcular” *CommandButton1* Ver Figura 62.

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Worksheets("entradas").Cells(4, 3) = ComboBox1.Value  
Worksheets("entradas").Cells(7, 3) = TextBox1.Text  
Worksheets("entradas").Cells(10, 3) = TextBox2.Text  
Worksheets("entradas").Cells(11, 3) = TextBox3.Text  
Worksheets("entradas").Cells(17, 3) = ComboBox2.Object  
Worksheets("entradas").Cells(23, 3) = ComboBox3.Object  
Worksheets("entradas").Cells(24, 6) = TextBox4.Text  
Worksheets("entradas").Cells(26, 6) = TextBox5.Text  
Worksheets("entradas").Cells(27, 6) = TextBox6.Text  
Worksheets("entradas").Cells(28, 6) = TextBox7.Text  
Worksheets("entradas").Cells(29, 6) = TextBox8.Text  
Worksheets("entradas").Cells(30, 6) = TextBox9.Text  
Worksheets("entradas").Cells(31, 6) = TextBox17.Text  
Worksheets("entradas").Cells(32, 6) = TextBox18.Text  
Worksheets("entradas").Cells(33, 6) = TextBox19.Text  
Worksheets("entradas").Cells(34, 6) = TextBox20.Text  
Worksheets("entradas").Cells(35, 6) = TextBox21.Text  
Worksheets("entradas").Cells(36, 6) = TextBox22.Text  
Worksheets("entradas").Cells(37, 6) = TextBox23.Text  
Sheets("SALIDAS").Select  
Sheets("SALIDAS").Protect  
Sheets("factura").Protect  
Sheets("rentabilidad").Protect  
Sheets("gráficas").Protect  
Application.Visible = True  
ExecuteExcel4Macro ("show.toolbar("""ribbon"",0)") ' 1 muestra la barra de herramientas, 0 la oculta  
ActiveWindow.DisplayWorkBookTabs = False 'Oculta las fichas de las hojas  
ActiveWindow.DisplayHeadings = False 'Oculta títulos  
Application.DisplayFormulaBar = False 'Oculta la barra de formulas  
ActiveWindow.DisplayGridlines = False 'Oculta las líneas de la cuadrícula  
Application.DisplayStatusBar = False 'Oculta la barra de estado  
ActiveWindow.DisplayHorizontalScrollBar = False 'Ocultar barra vertical de scroll de la hoja de excel  
Unload Me
```

Figura 62 – Código al presionar “calcular” *CommandButton1*

En el caso de las *ComboBox*, envían el valor seleccionado por el usuario a la celda especificada.

Como se puede ver en la Figura 62, si el usuario presiona “calcular”, automáticamente se volverá a visualizar la ventana de Excel, redireccionándolo a la hoja “SALIDAS”. A su vez se protegen las hojas “salidas”, “factura”, “rentabilidad” y “gráficas”; puesto que son las únicas que va a poder visualizar el usuario. Además, se oculta la barra de herramientas, los títulos de las hojas, la barra de fórmulas, la barra de estado, las líneas de cuadrícula de las hojas del libro, y también la barra de scroll horizontal. El formulario *UserForm1* se cierra a la vez que se vuelve a visualizar la ventana de Excel.

Al lado del botón “Calcular”, se encuentran los botones “Modo Avanzado” y “Salir” como se muestra en la Figura 63.

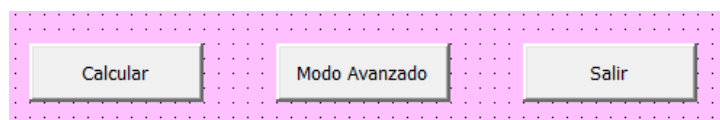


Figura 63 – Botones formulario *UserForm1*





El botón “Salir”, *CommandButton3*, realiza la misma función que el del primer formulario *UserForm2*, es decir, cierra el programa, y pregunta al usuario si desea guardar los cambios que haya podido realizar en él.

El botón “Modo Avanzado”, *CommandButton2*, cierra el formulario *UserForm2*, a la vez que vuelve a hacer visible la aplicación Excel y redirecciona al usuario a la hoja “entradas”. Además, desprotege las hojas “salidas”, “factura”, “rentabilidad” y “gráficas”, ya que el usuario puede haber hecho uso del modo básico previamente, el cual protege dichas hojas. Ver Figura 64.

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Sheets("entradas").Select  
    Sheets("SALIDAS").Unprotect  
    Sheets("factura").Unprotect  
    Sheets("rentabilidad").Unprotect  
    Sheets("gráficas").Unprotect  
Application.Visible = True  
Unload Me  
'ExecuteExcel4Macro ("show.toolbar(""ribbon",1)")  
'ActiveWindow.DisplayVerticalScrollBar = True  
'ActiveWindow.DisplayHorizontalScrollBar = True  
'ActiveWindow.DisplayWorkbookTabs = True  
'ActiveWindow.DisplayGridlines = True  
'Application.DisplayFormulaBar = True  
'Application.DisplayStatusBar = True  
End Sub
```

Figura 64 – Código del Modo Avanzado, *CommandButton2*.

### 3.3 Módulos y macros

En la carpeta módulos del proyecto VBA, el programador encontrará el módulo, *Módulo1*, que contiene el código de las macros que se aplican en varias hojas de Excel.

Dichas macros se aplican en una serie de botones, *CommandButtons*, que el usuario puede presionar, tanto desde el modo básico, como desde el modo avanzado.

Existe un total de siete botones distintos, contando cada uno con una macro específica asignada. Estos se pueden encontrar en las páginas “salidas”, “factura”, “rentabilidad” y “gráficas”. Ver Figura 65.

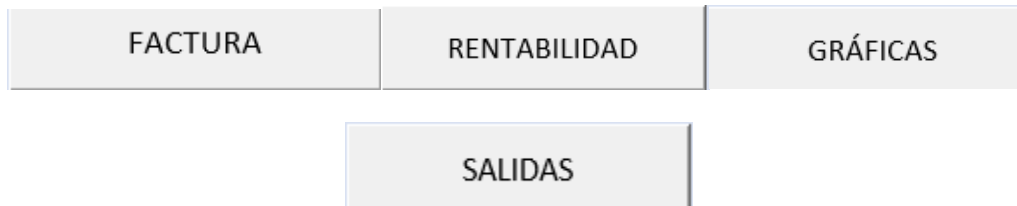


Figura 65 – Botones de las hojas en Excel

En las Figuras 65 y 66 se pueden ver los botones.

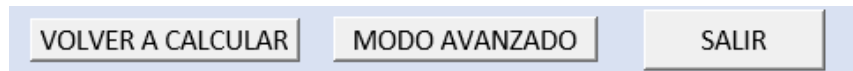


Figura 66 – Botones de acción en Excel

A continuación, se muestra el código de cada macro. Ver Figura 67.

```
Sub Botón1_Haga_clic_en()
Application.Quit
End Sub
Sub Botón2_Haga_clic_en()
UserForm1.Show
End Sub
Sub Botón3_Haga_clic_en()
Sheets("entradas").Select
Sheets("SALIDAS").Unprotect
Sheets("factura").Unprotect
Sheets("rentabilidad").Unprotect
Sheets("gráficas").Unprotect
ExecuteExcel4Macro ("show.toolbar(""ribbon"",1)")
ActiveWindow.DisplayVerticalScrollBar = True
ActiveWindow.DisplayHorizontalScrollBar = True
ActiveWindow.DisplayWorkbookTabs = True
ActiveWindow.DisplayGridlines = True
Application.DisplayFormulaBar = True
Application.DisplayStatusBar = True
End Sub
Sub Botón8_Haga_clic_en()
Sheets("Factura").Select
ActiveWindow.DisplayHeadings = False 'Oculta títulos
ActiveWindow.DisplayGridlines = False 'Oculta las líneas de la cuadrícula
End Sub
Sub Botón9_Haga_clic_en()
Sheets("rentabilidad").Select
ActiveWindow.DisplayHeadings = False 'Oculta títulos
ActiveWindow.DisplayGridlines = False 'Oculta las líneas de la cuadrícula
End Sub
Sub Botón10_Haga_clic_en()
Sheets("gráficas").Select
ActiveWindow.DisplayHeadings = False 'Oculta títulos
ActiveWindow.DisplayGridlines = False 'Oculta las líneas de la cuadrícula
End Sub
Sub Botón16_Haga_clic_en()
Sheets("salidas").Select
ActiveWindow.DisplayHeadings = False 'Oculta títulos
ActiveWindow.DisplayGridlines = False 'Oculta las líneas de la cuadrícula
End Sub
```

Figura 67 – Módulo1 (MACROS)

El botón “Salir”, *Botón1*, efectúa la misma función que en los formularios, cierra el programa preguntando al usuario si desea guardar los cambios que haya podido realizar previamente.



El botón “Modo Avanzado”, *Botón2*, da acceso al usuario al libro completo de Excel. Dado que se activa desde las hojas de resultados, el código varía respecto al que encontramos en los formularios. En este caso activa la barra de herramientas, el scroll horizontal, las fichas de las hojas y sus títulos, las líneas de cuadrícula, la barra de fórmulas, y la barra de estado. Además, desprotege las hojas “salidas”, “factura”, “rentabilidad” y “gráficas” para permitir su edición por el usuario. Cuando el modo avanzado se activa, el usuario es redireccionado a la hoja “entradas”

El botón “Volver a calcular”, *Botón3*, vuelve a abrir el formulario *UserForm1* para que el usuario vuelva a introducir nuevos datos, sin tener que usar el modo avanzado.

El botón “factura”, *Botón8*, muestra al usuario la hoja con el mismo nombre. Está programado para ocultar las líneas de cuadrícula y los títulos, de modo que sigan sin mostrarse en el caso de que el usuario utilice el botón desde el modo básico.

El botón “rentabilidad”, *Botón9*, muestra al usuario la hoja “rentabilidad”. Está programado para ocultar las líneas de cuadrícula y los títulos, de modo que sigan sin mostrarse en el caso de que el usuario utilice el botón desde el modo básico.

El botón “gráficas”, *Botón10*, muestra al usuario la hoja de gráficas. Está programado para ocultar las líneas de cuadrícula y los títulos, de modo que sigan sin mostrarse en el caso de que el usuario utilice el botón desde el modo básico.

El botón “salidas”, *Botón16*, muestra al usuario la hoja de salidas. Está programado para ocultar las líneas de cuadrícula y los títulos, de modo que sigan sin mostrarse en el caso de que el usuario utilice el botón desde el modo básico.

### 3.4 Relación entre las hojas de Excel

A continuación, se explicará cómo interaccionan las hojas de Excel entre sí. Es decir, qué ocurre en el programa cuando se introducen los valores necesarios en la hoja de entradas, hasta que se ofrecen los resultados.



A pesar de que en este apartado no se explica ningún código de VBA, es considerado como parte de la programación, puesto que es necesario para entender cómo funciona detalladamente el programa. Por ello, el usuario avanzando debe consultar este apartado para comprender la herramienta al completo. Así mismo, el usuario que desee comprender este capítulo de programación debe haber leído previamente la guía de usuario avanzado.

### 3.4.1 ¿Qué ocurre al introducir los datos en la hoja de entradas?

Las hojas de Excel se relacionan entre ellas desde la primera celda que debe rellenar el usuario, ya sea desde el modo básico o desde el modo avanzado, ya que el formulario VBA traslada los datos introducidos a la hoja “entradas”.

Esta primera celda que debe rellenar el usuario, la de localización, se trata de una pestaña seleccionable que recoge los nombres de las provincias españolas de la hoja “MeteoData”, en el rango de celdas B50:B101. Esta celda que recoge la provincia seleccionada por el usuario será usada posteriormente como argumento por la función BUSCARH de Excel en hojas como “producción” o “rendimientos”. Dichas hojas utilizan esta función para presentar una lista de datos como pueden ser irradiación o temperatura media, en función de la provincia elegida.

El valor de la potencia contratada, así como los precios del término de potencia y del término de energía, se recogen en la hoja de entradas y posteriormente son utilizados para cálculos de costes y otras operaciones económicas desde las hojas de “factura” y “rentabilidad”.

El porcentaje anual, es un valor que se obtiene de la celda G28 de la hoja “VariaciónPrecio”. Posteriormente, el valor será utilizado desde la hoja de “rentabilidad”, cogiéndolo de “entradas” para el cálculo del aumento del precio de la energía.

En el apartado de inversión, la pestaña seleccionable donde se elige el modo de entrada de datos recoge los 2 nombres en las celdas A95 y A96. La celda E19 está programada para que, en función del modo de entrada elegido en C17, seleccione la cantidad que introduzca el usuario en E17 si es el presupuesto total, o haga el cálculo con el precio €/Wp mediante la Ecuación 3. Ver también Figura 68.



$$\text{precio } \text{€/wp} \times 1000 \times \text{potencia contratada(kW)} \times 1,1$$

Ecuación 3 - Calculo inversión

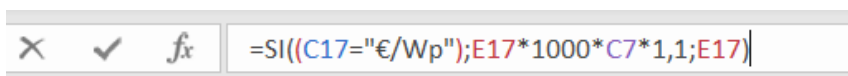


Figura 68 - Barra de fórmulas Excel celda programada E19

En el apartado de energía consumida, también existe una pestaña seleccionable, que recoge los datos de las celdas A74 y A75. En función de lo que elija el usuario, el programa recogerá los datos de las celdas de los meses del año o de la celda de media mensual. Esta acción se realizará desde la hoja “factura”, que utiliza los datos de cada mes para calcular el gasto mensual.

### 3.4.2 Cálculos de rendimientos y producción

Cuando el Excel recibe la provincia elegida por el usuario en la hoja “entradas”, en las hojas “rendimientos” y “producción” se utiliza la función BUSCARH en una tabla para buscar los valores de temperaturas medias y radiación mensuales de dicha provincia en la tabla de la hoja “MeteoData”.

En el caso de la hoja de **rendimientos**, se utiliza porque los datos de temperaturas medias van a ser utilizados para el cálculo del rendimiento por pérdidas por temperatura FT. Este rendimiento se calcula de acuerdo con la siguiente Ecuación 4.

$$1 - 0,0044 \times T^a \text{ media}$$

Ecuación 4 - Rendimiento por pérdidas de temperatura

Esto es así, según SYLTEC (2018), porque normalmente, una vez se han superado los 25°C en los paneles, la potencia baja un -0,44%/°C. Sabiendo además que, aproximadamente la temperatura de las células es unos 25°C mayor que la temperatura ambiente, y que la temperatura de operación de las células (TONC) suele estar entre los 43°C y 47°C (dato proporcionado por el fabricante), damos por hecho que en la geografía que abarca la herramienta, y su correspondiente meteorología, se presupone una temperatura de trabajo en los paneles siempre mayor que 25°C. Por lo que se aplicará la ecuación 3.2 en cualquier caso.

Posteriormente, los rendimientos globales de cada mes (PRG) serán recogidos desde la hoja “producción” para realizar los cálculos necesarios.



En la hoja de **producción** se producen varias relaciones con otras hojas. Esta hoja, como se ha mencionado previamente, utiliza la función BUSCARH para presentar en una tabla los valores mensuales de radiación en kWh/m2, obtenidos desde la hoja “MeteoData”

En esta hoja también encontramos una tabla que calcula la inclinación óptima que deben tener los paneles fotovoltaicos a instalar por el usuario del programa. Esto ya podíamos verlo haciendo uso del modo avanzado. Ahora, se expone a continuación la fórmula utilizada para el cálculo de dicha inclinación comercial (Ecuación 5):

$$\beta_{opt} = 0,37 + 0,69 \cdot \phi$$

Ecuación 5 - Cálculo de la inclinación óptima

Siendo  $\phi$  la latitud del lugar a estudiar

En esta tabla se utiliza un algoritmo que detecta cual es la inclinación comercial que deben tener los paneles, en función de cuál sea su inclinación óptima. Este algoritmo evalúa por intervalos de 5 grados cuál es el ángulo que debe tener de inclinación. Ver Figuras 69 y 70.

INCL. ÓPTIMA	33,03 °	
INCL. COMERCIAL	35	
< 10	--	0
10	12,5	0
15	17,5	0
20	22,5	0
25	27,5	0
30	32,5	0
35	37,5	);E32;0)
40	42,5	0
45	47,5	0
50	52,5	0
55	57,5	0
60	62,5	0

Figura 69 Cálculo de la inclinación comercial (tabla)

$$=SI(((\$F\$24 \geq F31) * Y(\$F\$24 < F32)); E32; 0)$$

Figura 70 - Fórmula de la expresión utilizada en el cálculo de la inclinación comercial

En esta imagen puede verse que la inclinación óptima es 33,03°, una inclinación que está por encima de 32,5° y por debajo de 37,5°, que son los límites inferior y superior del intervalo (32,5°, 37,5°), al que le corresponde una inclinación comercial de 35°. La columna de la derecha mostrará el valor de la



inclinación comercial en el intervalo correspondiente, en el resto el valor será 0.

En la tabla del cálculo de producción (Ver Capítulo 2, figura 44...) se produce una serie de cálculos.

Primero se divide la radiación del mes entre el número de días de dicho mes; de este modo se calcula la radiación diaria. Posteriormente se multiplica la radiación diaria, y la radiación mensual, por el rendimiento global (PRG), recogido de la hoja "Rendimientos". Los resultados de dicho producto se encuentran en las dos columnas siguientes a la que recoge los PRG. Ver Ecuación 6.

$$Ep/mes = Gdm/mes \times PRG$$

*Ecuación 6 - Producción mensual*

Finalmente se multiplica la producción mensual (puesto que la diaria habría que multiplicarla por el número de días del mes) por la potencia máxima instalable, encontrada en la hoja "salidas", en la celda E12 y a su vez por el ratio elegido para calcular la potencia pico (1,1). Ver Ecuación 7.

$$Prod\ Global\ (kWh) = \frac{Ep}{mes} \times potencia\ máxima\ instalable \times 1,1$$

*Ecuación 7 - Producción Global (kWh)*

### 3.4.3 Uso de la producción de energía FV calculada

Con la producción mensual de energía fotovoltaica obtenida, el programa realiza los cálculos económicos en distintas hojas.

En la hoja de **Factura**, primero se calcula la factura que paga el usuario actualmente, sin instalación fotovoltaica. Para ello se utilizan los datos introducidos en la hoja de entradas: potencia contratada, precio de la electricidad en término de potencia y en término de energía, energía consumida mensual.

Puede verse una pequeña tabla de datos a la derecha que recoge los mismos que se acaban de mencionar en el párrafo superior, a excepción de los consumos mensuales. Estos datos serán fijos y utilizados a lo largo de las distintas tablas de la hoja.



Adicionalmente, en esa misma tabla, se encuentran dos datos no introducidos por el usuario. Estos son el impuesto eléctrico y el IVA. El IVA es del tipo general, un 21%. En el caso del impuesto eléctrico vemos que es bastante más reducido, un 5,113%. Además, hay que tener en cuenta que el impuesto eléctrico se aplica primero, sobre el subtotal calculado de potencia y energía. Posteriormente se aplica el IVA. (Impuesto sobre Electricidad, s.f).

De modo que la expresión realizada en la tabla es la suma del coste del término de potencia al coste del término de energía, y la aplicación de impuestos posterior. Ver Ecuación 8.

$$\left( \left( \text{días mes} \times \text{potencia contratada} \times \text{precio} \frac{\text{€}}{\text{kW}} + \text{energía consumida} \times \text{precio} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \times \text{Impuesto eléctrico} \right) \times \text{IVA}$$

Ecuación 8 – Cálculo de factura eléctrica

En la segunda tabla se realiza la misma operación, la diferencia está en que la energía consumida es igual a la resta de la energía consumida que introduce el usuario menos la producción de energía calculada en la hoja de producción. Ver Ecuación 9.

$$\text{energía consumida FV} = \text{energía consumida} - \text{producción energía FV}$$

Ecuación 9 – Término de energía consumida con instalación fotovoltaica

Se puede comprobar que la energía consumida con instalación fotovoltaica puede ser negativa, resultado de una producción de energía mayor al consumo. En este caso, la tabla está programada para establecer el coste de la energía a 0€.

La última tabla, introduce dos nuevos cálculos, los ahorros de energía y económicos, que son los resultados de comparar los consumos y costes del término de energía entre la factura previa a la instalación y la que ya incluye los paneles solares. Ecuaciones 10 y 11.

$$\text{Ahorro energía (\%)} = 1 - \frac{\text{energía en kWh con FV}}{\text{energía en kWh sin FV}}$$

Ecuación 10 – Expresión de ahorro de energía (%)





$$\text{Ahorro económico (\%)} = 1 - \frac{\text{costes en € con FV}}{\text{costes en € sin FV}}$$

*Ecuación 11 – Expresión de ahorro económico (%)*

En la hoja de **rentabilidad** hacemos el cálculo de la producción de energía a lo largo de 25 años a partir de la producción total anual obtenida en la hoja de producción. Esta producción será el dato del año 1. Los siguientes años se calculan restando el 0,5% de la producción del año previo. Ver Ecuación 12.

$$\text{producción energía}_i = \text{producción energía}_{i-1} \times (1 - 0,005)$$

*Ecuación 12 – Producción de energía en i años*

Donde  $i = 2, 3, 4 \dots 25$

Además, la energía excedente se calcula como la suma de la energía fotovoltaica mensual generada y que no se consume, visible en la hoja de facturas.

El precio de la energía evoluciona en función de la variación porcentual anual estimada en la hoja “**variación precio**”. Ver Ecuación 13.

$$\text{precio energía}_i = \text{precio energía}_{i-1} \times (1 + \text{variación precio})$$

*Ecuación 13 – Precio energía en i años*

Donde  $i = 2, 3, 4 \dots 25$

En la hoja **Gráficas** encontramos dos gráficas distintas. La primera recoge los resultados de producción en la hoja de salidas, mostrando la producción mensual. La segunda recoge los datos de producción, pero los contrapone con los datos de consumo de la factura con instalación fotovoltaica que, si son positivos, aparecerá en naranja por *encima de la barra azul*, indicando lo que se ha necesitado consumir de la red eléctrica. En caso contrario, si el consumo es negativo, aparecerá en naranja por *debajo de la barra azul*, indicando lo que no se ha necesitado consumir de energía eléctrica de la red.

Finalmente, en la hoja de **Salidas**, se expone un resumen de los resultados. Se recogen los datos finales de las hojas de producción, rentabilidad, factura y también se recogen algunos datos de entradas, como la localización o la inversión del usuario. La hoja a su vez cede algunos datos a otras, como los datos recogidos de producción, enviados a su vez a la hoja de gráficas, como se ha explicado en el párrafo anterior.



CAPITULO 4

ESTUDIO  
ECONOMICO Y  
VIABILIDAD DEL  
PROYECTO





## CAPÍTULO 4: ESTUDIO ECONÓMICO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

### 4.1 Análisis del Entorno: PESTEL

Definimos entorno a todo aquello que envuelve al proyecto. Éste se desarrolla en función del tiempo, por lo que el análisis debe adaptarse al futuro. Por ende, se debe revisar. El límite del proyecto viene marcado por la geografía de España. En el análisis PESTEL se estudiará el entorno del proyecto, en cualquier ámbito, para poder ver cuáles son favorables al mismo, y cuáles no.

#### **Político**

Las distintas políticas que se aplican desde los gobiernos tienen un impacto significativo en el sector de la energía fotovoltaica

España, que inicialmente fue de los primeros países del mundo en la investigación y desarrollo de energía solar, frenó el crecimiento de esta tecnología con un potencial muy grande en nuestro país, a causa de regulaciones legislativas poco favorables. En 2008 España instaló 2708MW de potencia fotovoltaica, pero posteriormente se tardó más de 6 años en conseguir el doble de dicha potencia.

Posteriormente, con el Real Decreto 900/2015, el llamado “impuesto al sol”, que obligaba a los autoconsumidores a pagar un peaje en el momento en que la instalación estuviera conectada a la red eléctrica, se paralizó aún más el lento crecimiento del sector.

Actualmente las políticas van abriendo camino al autoconsumo de energía fotovoltaica, pero este sigue siendo lento en comparación a los países vecinos europeos. Las empresas distribuidoras eléctricas no incentivan el uso de tecnología fotovoltaica por parte de los usuarios, o incluso complican la instalación y la obtención de permisos, al menos ha sido así hasta abril de 2019.

A pesar de su existencia en otros países, en España todavía se espera la regulación de un modelo de balance neto que esté adecuado al sistema eléctrico nacional. Aun así, en abril de 2019 se aprobó la regulación del autoconsumo energético que reduce ciertos trámites administrativos y esclarece los tipos de autoconsumo, con excedente y sin excedente.



Sin embargo, aunque no se impulsan apenas proyectos o políticas en nuestro país, existen proyectos de marco europeo en el que participan asociaciones y organismos españoles de apoyo a la energía fotovoltaica. La más destacado es la UNEF, Unión Española Fovovoltaica, que representa a más del 85% de actividad del sector en España, organizada en delegaciones en cada una de las comunidades autónomas en España.

El proyecto PVP4Grid es un proyecto de la Unión Europea que busca incrementar la cuota de mercado, y su valor en él, de la energía fotovoltaica, a través del permiso a los consumidores de convertirse a su vez en productores de una manera “amigable” con el sistema. El proyecto estudiará los posibles modelos de negocio y organizativos para poder llevarlo a cabo, así como recomendaciones de políticas para dirigentes y responsables políticos nacionales y europeos para poder lograr un marco regulatorio adecuado. Además, crearán una herramienta para ayudar a estos usuarios a tener una evaluación económica de los proyectos de instalación que deseen realizar.

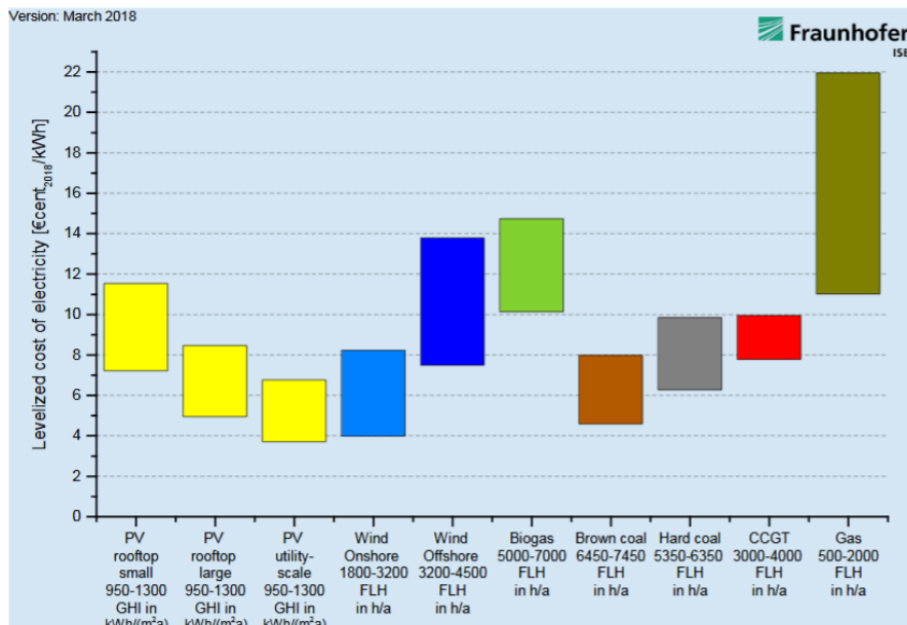
Fundeen, es una plataforma española que pone en contacto a inversores y promotores de proyectos de energías renovables. Desde dicha plataforma afirman que la más demandada es la fotovoltaica.

Por tanto, podemos observar que la tendencia actual es en general positiva, ya que la última regulación de 2019 vuelve a abrir paso al autoconsumo con la derogación del impuesto al sol, a pesar de no contar con la promoción que cabría esperar por parte del gobierno central, si existen otros organismos que lo hacen.

### **Económico**

Actualmente, la energía fotovoltaica compite con el resto de fuentes de energía, tanto renovables (eólica, hidroeléctrica) como no renovables (gas, nuclear, carbón) de generación en precio del kWh. Actualmente está volviendo a haber inversiones significativas en el sector de las energías renovables, causando un crecimiento que, en el caso de la energía fotovoltaica, llevaba paralizado durante los años anteriores.

En la Figura 71 puede verse una gráfica comparativa con los precios de las distintas fuentes de energía.



Fuente: Fraunhofer- ISE, March 2018, [Levelized cost of electricity renewable energy technologies](#)

Figura 71 – Coste de la electricidad en función de su fuente de energía (Fraunhofer, 2018)

En la siguiente gráfica (Figura 72) podemos observar la estimación del porcentaje de la demanda cubierto con energía fotovoltaica en varios países.



Fuente: © IEA, *Snapshot of Global Photovoltaic Market, 2018*, IEA Publishing. Licence: [www.iea.org/t&c](http://www.iea.org/t&c)

Figura 72 – Porcentaje de demanda cubierto con fotovoltaica por países (Fraunhofer, 2018)

Como se puede ver, la demanda cubierta por energía fotovoltaica en España ronda entre el 3-5% del total. Este porcentaje es variable puesto que no se cubre la demanda al mismo nivel en invierno o en verano.

En la Figura 73 se puede observar en miles los trabajos que genera cada tipo de energía, en diferentes países o regiones.

	World	China	Brazil	United States	India	Japan	Germany	Total EU <sup>a</sup>
<b>Thousand jobs</b>								
 Solar PV	3,365	2,216	10	233	164	272	36	100
 Liquid biofuels	1,931	51	795 <sup>e</sup>	299 <sup>b</sup>	35	3	24	200
 Wind power	1,148	510	34	106	61	5	160	344
 Solar thermal heating/cooling	807	670	42	13	17	0.7	8.9	34
 Solid biomass <sup>a, b</sup>	780	180		80 <sup>c</sup>	58		41	389
 Biogas	344	145		7	85		41	71
 Hydropower (small-scale) <sup>c</sup>	290	95	12	9.3	12		7.3 <sup>j</sup>	74 <sup>i</sup>
Geothermal energy <sup>a, d</sup>	93	1.5		35		2	6.5	25
 CSP	34	11		5.2			0.6	6
<b>Total</b>	<b>8,829<sup>f</sup></b>	<b>3,880</b>	<b>893</b>	<b>786</b>	<b>432</b>	<b>283</b>	<b>332</b>	<b>1,268</b>
 Hydropower (large-scale) <sup>e</sup>	1,514	312	184	26	289	20	7.3 <sup>j</sup>	74 <sup>i</sup>
<b>Total (including large-scale hydropower)</b>	<b>10,343</b>	<b>4,192</b>	<b>1,076</b>	<b>812</b>	<b>721</b>	<b>303</b>	<b>332<sup>j</sup></b>	<b>1,268</b>

Figura 73 – Numero de trabajos por cada tipo de energía, en miles. (Instituto de Energía Solar, 2018)

Como se ha podido ver en la imagen, la energía fotovoltaica es la energía renovable que más puestos de trabajo genera en todo el mundo. Cabe destacar que el país que más trabajadores crea en el sector es China, que en los últimos años se ha convertido en el primer productor mundial por una diferencia considerable.

A pesar de estos datos, es conveniente recordar que la energía fotovoltaica con la legislación actual depende directamente de las compañías eléctricas, que a su vez están reguladas por el gobierno. Pues el mercado eléctrico no es un mercado liberalizado en su totalidad.

## Social

A nivel social, encontramos diferencias con los niveles político y económico. En general, la tendencia de los pequeños consumidores es la de implementar cada vez más instalaciones de energías renovables en sus hogares. Entre todas, la





energía solar fotovoltaica es la primera elección de la mayoría, por su fácil instalación y por ser la más asequible de todas. Por tanto, el número de usuarios aumenta cada año.

La sociedad cada vez está más concienciada con la protección del medio ambiente y optan por soluciones más ecológicas como las energías renovables. En parte gracias a la educación recibida por las nuevas generaciones, que han recibido formación acerca de energías renovables y el por qué son tan importantes.

A su vez, la energía fotovoltaica puede ser vista como una oportunidad de negocio dentro de la sociedad. Pues, la posibilidad de convertirse en un productor y vendedor de energía fotovoltaica es una realidad legal.

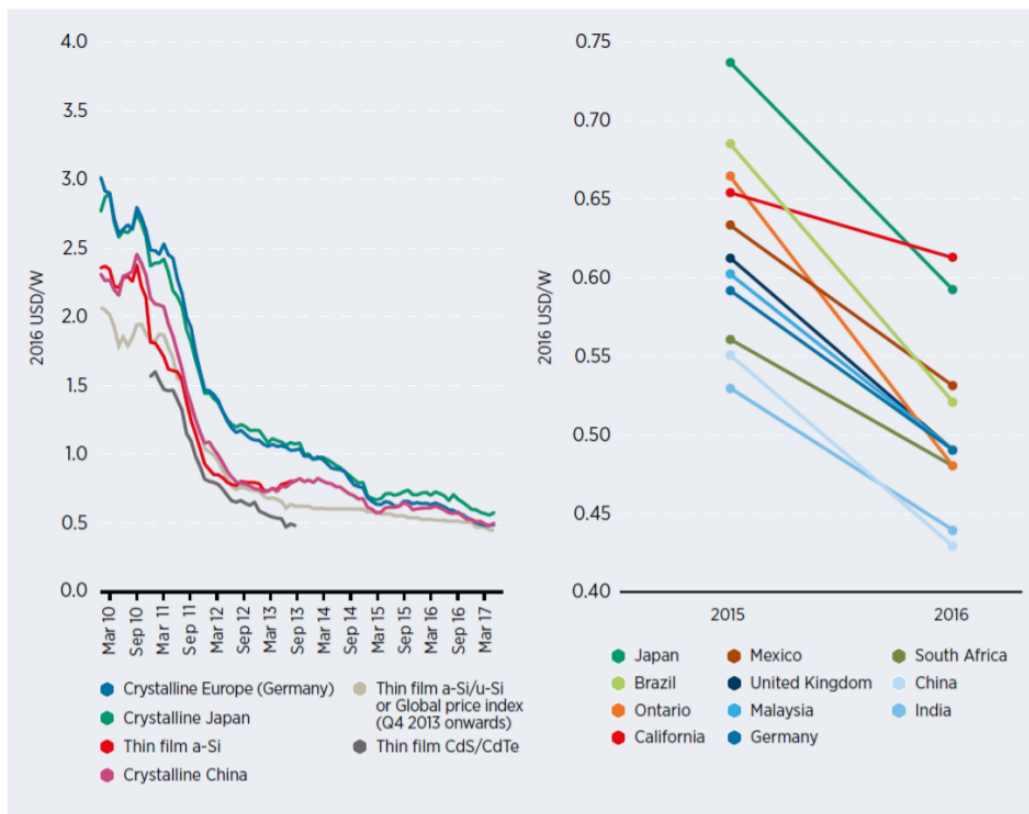
Por último, hay que destacar que la última modificación de la normativa de instalaciones fotovoltaicas habilita la figura del autoconsumo colectivo, lo que fomentará el uso de instalaciones comunitarias de vecinos.

### **Tecnológico**

Hoy en día, la tecnología se desarrolla a un ritmo rápido, lo que favorece la adaptación a la energía fotovoltaica. Esto es debido a dos motivos.

El primero es el propio desarrollo tecnológico, que optimiza y mejora la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, así como de los inversores y otros elementos de la instalación, minimizando cada vez más las pérdidas que se producen en la producción de electricidad. Con el paso de los años desde la aparición de las primeras instalaciones fotovoltaicas, la eficiencia ha mejorado significativamente, haciendo que sea más atractiva la posibilidad de utilizar esta energía.

En la Figura 74 se muestra en gráficos las tendencias a la baja de los precios de los componentes de una instalación fotovoltaica en distintos países.



Source: GlobalData, 2017; pvXchange, 2017; Photon Consulting, 2017.

Figura 74 – Evolución del precio de los componentes (Instituto de Energía Solar, 2018)

El segundo motivo es la caída del precio de los componentes de la instalación. Con el paso de los años, debido a la estandarización, desarrollo y mejora de los distintos elementos que componen la instalación, los precios han ido cayendo, consiguiendo rentabilidades mucho más altas en los inversores en energía solar, y atrayendo a más usuarios y consumidores al ser más asequible.

A nivel usuario, el programa Excel, y sus variantes de código abierto, está tan extendido que casi todo el mundo va a poder ejecutar la herramienta de Fotovoltaica en su equipo.

En la siguiente Figura 75, se puede ver el crecimiento del desarrollo de patentes en materia tecnológica en beneficio de energías renovables, y qué energías renovables están recibiendo más apoyo tecnológico

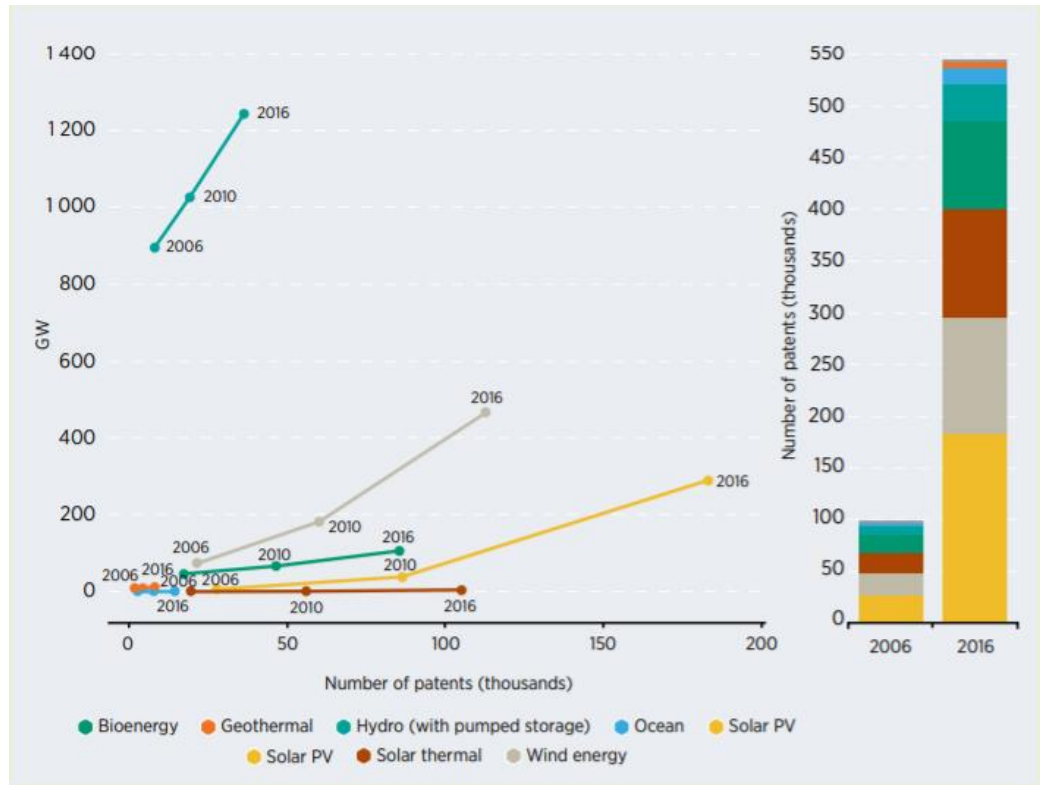


Figura 75 – Evolución de patentes para tecnologías de energías renovables. (IRENA, 2017)

### Ecológico

Dada la creciente tendencia hacia una sociedad y mundo más ecológico y respetuoso con el medio ambiente, la energía fotovoltaica se ha asentado como una de las energías renovables con mejor prestigio y una de las alternativas más escogidas.

A pesar de que las energías renovables son concebidas como energías 100% limpias, sí que generan un impacto medioambiental, que puede ser mayor o menor en función de qué tipo sea.

En el caso de la energía fotovoltaica son los componentes de la instalación los que generan un impacto ambiental durante su producción. Especialmente los propios paneles solares y su producción, la cual genera residuos perjudiciales. Además, al existir huertos solares, estos generan un impacto sobre el paisaje, pues se ha tenido que utilizar un terreno para la ubicación del huerto, al igual que ocurre con los aerogeneradores.

En la Figura 76 se muestra un gráfico que presenta las emisiones de gases de efecto invernadero por kilovatio-hora (kWh) generado mediante las distintas tecnologías fotovoltaicas que se emplean actualmente.

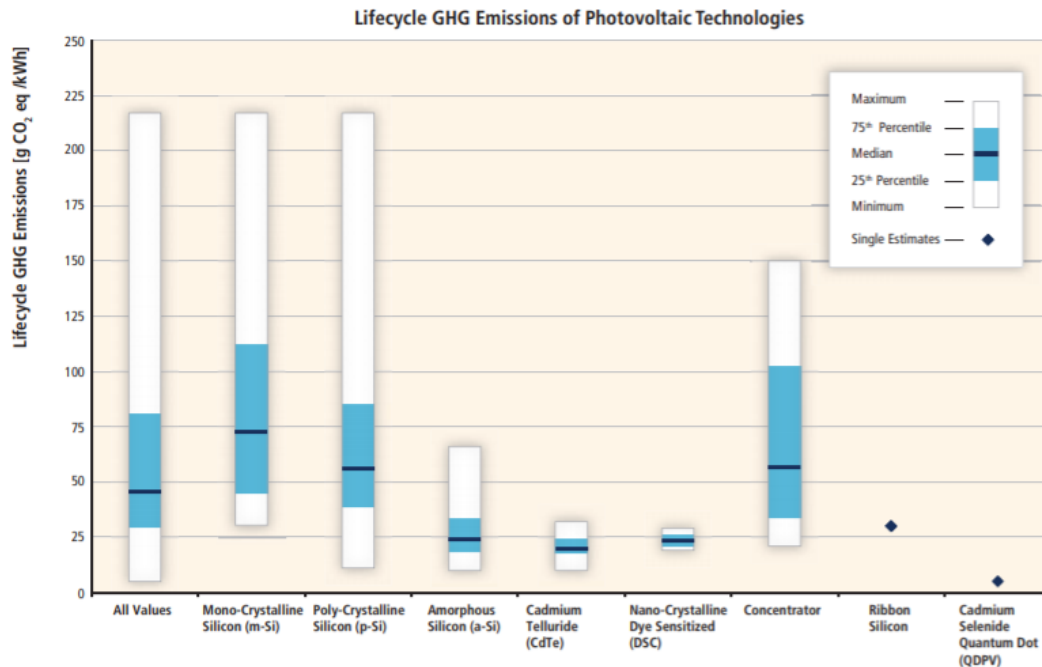


Figura 76 – Emisión de gases de efecto invernadero por tecnología, en gramos de dióxido de carbono por cada kWh generado (IPCC, 2012)

Según El Diario (2015), que a su vez indica que los datos son proporcionados por el Ministerio de Industria e IDAE, los factores de emisiones para la electricidad de autoconsumo están de media (sin especificar qué tecnología usa) en 0,372 kilogramos de dióxido de carbono por cada kWh que se usa en las casas.

En la actualidad, se está investigando para aumentar la eficiencia de las llamadas “células solares orgánicas” (Ver Figura 77), un tipo de placas solares que aparece en 1990, y que pretenden ser una alternativa a las células de silicio tradicionales, aunque aún no llegan a la eficiencia conseguida por estas últimas, además de que son más sensibles a ser degradadas por el oxígeno y el agua por ser materiales orgánicos (Twenergy, 2019). Entre las ventajas más destacadas indicadas por esta misma web:

- Son flexibles, capaces de adaptarse a cualquier superficie
- Son menos frágiles, lo que facilita su mantenimiento.
- Son ecológicas porque son biodegradables y sus residuos no suponen tanto impacto como las células de silicio

- Son ligeras, lo que facilita su instalación y transporte.
- Son más sensibles a la luz difusa y luz indirecta, de forma que es posible obtener mayor número de horas de aprovechamiento al cabo del año.
- Pueden funcionar en soportes transparentes, lo que las hace ideales para instalarlas en ventanas de edificios o, incluso de coches solares.
- Las materias primas y el proceso de fabricación son mucho más económicos.



Figura 77 – Células solares orgánicas

Si la energía fotovoltaica ya es de por sí más ecológica que las tradicionales, podría ser aún más respetuosa con el medio ambiente si las investigaciones avanzan por el camino correcto. Por tanto, el entorno ecológico afecta positivamente a la energía fotovoltaica, y viceversa, la energía fotovoltaica y sus futuros avances son positivos para el entorno ecológico.

### Legal

El 5 de abril de 2019, se aprobó el Real Decreto 244/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo en España. Esta norma continúa con la regulación iniciada por el Real Decreto-ley 15/2018, por el que se derogó el impuesto al sol, y aporta más seguridad a los usuarios.

IDAE (2019) destaca las siguientes medidas:

- Clasifica y define las distintas clases de autoconsumo. Hasta el momento solo existía la posibilidad de autoconsumo individual conectado a una red interior.

A partir de este decreto, el autoconsumo colectivo se consagra, permitiendo que varios consumidores puedan asociarse a una misma



planta de generación. Será necesario medir la energía generada para hacer el “reparto de energía” entre los consumidores participantes.

- Implementación de un mecanismo simplificado de compensación de excedentes, de aquella energía generada por instalaciones de autoconsumo que no consume el total de esta.

Anteriormente, si un usuario quería obtener una compensación por este excedente, debía constituirse jurídicamente como productor de energía. A partir de este decreto, las comercializadoras de energía compensarán al usuario, en caso de instalaciones con una potencia no superior a 100kW. Además, al habilitarse el autoconsumo colectivo, habilita que un consumidor pueda aprovechar los excedentes de su vecino.

- Reduce los trámites administrativos para todos los usuarios. En el caso del pequeño autoconsumidor, se reducen hasta una única gestión: notificar la instalación de una planta de producción eléctrica en su correspondiente comunidad o ciudad autónoma.

Asimismo, se articula un procedimiento para que sea el distribuidor quien modifique el contrato de acceso de los pequeños consumidores, y éste solo tenga que manifestar su consentimiento.

De igual modo, se simplifican drásticamente las configuraciones de medida para que, en la mayoría de los casos, baste con un solo contador en el punto frontera con la red de distribución, lo cual supone una reducción de costes.

## 4.2 Estudio económico

En este apartado se presentarán los costes directos e indirectos que ha supuesto la creación y desarrollo de la herramienta Excel.

Puesto que no ha existido la necesidad de compra de ningún material, ni ningún otro desembolso económico, el análisis está basado en el tiempo invertido, tanto en la programación del programa, como en su edición, así como en la búsqueda de información clave para la elaboración de este. Además, el método de distribución del software no supone un coste significativo al lado del tiempo invertido en la programación.



Al ser un programa de software, este puede necesitar actualizaciones o modificaciones extras del mismo. Además, se debe llevar un sistema de mantenimiento para poder subsanar los posibles errores que se detecten tras su lanzamiento.

Los costes se contabilizarán en función del tiempo utilizado para la realización de las distintas actividades que se han necesitado hacer para la finalización del proyecto. Siendo estas, en orden temporal:

- Decisión de elaboración: Durante este periodo se decide realizar una herramienta que sea intuitiva para motivar a los usuarios a dar el paso a la energía fotovoltaica. Previamente se realiza un análisis del entorno para valorar la viabilidad de un proyecto relacionado con energías renovables. Se planifica que el software sea capaz de presentar al cliente los resultados en términos de rentabilidad y costes sobre instalar energía fotovoltaica.

En esta fase participa Imanol Pérez, ingeniero de la empresa SYLTEC, cuya idea inicial anticipa los objetivos y metas del proyecto.

- Estimación de recursos necesarios: Una vez se tiene la idea y un anteproyecto de lo que se desea hacer a grandes rasgos, se plantea qué se va a necesitar para hacer realidad el proyecto. En este caso, sí que se analiza detalladamente cuales son los recursos necesarios, que tipo de información hay que consultar, qué desarrollo va a seguir el proyecto, y qué tiempos aproximados se va a necesitar para cada paso a realizar.
- Presentación de la propuesta de proyecto: Es la fase correspondiente a la obtención del apoyo del equipo directivo para la aprobación del proyecto, y así poder comenzar su realización.
- Obtención de recursos e información: Durante este paso se recopila la información necesaria para tener el conocimiento de la materia a tratar en el proyecto, así como el software necesario para la elaboración del programa.

Dentro de esta información están las últimas legislaciones sobre la energía fotovoltaica, la formación básica necesaria para desarrollar en VBA, los conceptos teóricos de instalaciones solares, etc....

Como ejemplos de recursos, está el ordenador portátil utilizado para el desarrollo del software, y el programa Microsoft Excel.



Durante esta fase también se incluirán los costes de personal del ingeniero industrial Imanol Pérez, encargado de la formación en energía fotovoltaica.

- Desarrollo de la herramienta: Este paso corresponde al tiempo y esfuerzo que se ha necesitado para el desarrollo del software. Este tiempo incluye tanto su desarrollo, como las sucesivas correcciones de errores y modificaciones que se han ido realizando durante el proceso.
- Creación y edición de la memoria: Una vez se ha desarrollado el software, se crea un manual de usuario, distinguiendo entre usuario básico y avanzado. A su vez, también se realiza una guía para programadores, donde se explica cómo se ha realizado la herramienta. También se emplea tiempo para crear un capítulo del proyecto donde se explican las nociones básicas de energías renovables, y, en más profundidad, de la energía fotovoltaica.

Se tiene en cuenta que el proyectista es un ingeniero de organización, que recibe el encargo del proyecto desde la dirección de su empresa, por lo que se contabilizará como un trabajador de la dicha compañía. Por tanto, cuenta con un sueldo anual, del que hay que calcular qué cantidad se ha destinado a la realización del proyecto.

Se va a calcular el coste asociado al tiempo empleado por el trabajador en cada una de las etapas del proyecto, a partir de su coste por hora; a calcular la amortización horaria del equipo y software utilizados para así estimar su coste en cada etapa.

### 4.2.1 Tasa horaria y tiempo dedicado.

El proyectista cumple una jornada de 30 horas semanales, es decir, 6 horas diarias durante 5 días a la semana. Se presupone una jornada máxima anual de 1357 horas, según CCOO (s.f).

El ingeniero industrial, cumple una jornada de 39 horas semanales. Se presupone una jornada máxima anual de 1764 horas, según CCOO (s.f).

Como puede verse en la Tabla 1, el coste horario asociado al proyectista es de 27,44 €/hora, y el coste horario asociado al Ingeniero Industrial senior es de 39,21 €/hora.





Concepto	Proyectista (Ingeniero Organización)	Formador (Ingeniero Senior)
Sueldo Bruto	28.000,00 €	52.000,00 €
SS Empresa (33%)	9.240,00 €	17.160,00 €
Coste Total	37.240,00 €	69.160,00 €
Coste horario	27,44 €	39,21 €

Tabla 1 - Tasas horarias trabajadores

Como puede verse en la Tabla 1, el coste horario asociado al proyectista es de 27,44 €/hora, y el coste horario asociado al Ingeniero Industrial senior es de 39,21 €/hora.

También es necesario conocer el tiempo empleado por cada trabajador en cada etapa de elaboración del proyecto. Para ello se debe saber la duración total del proyecto. Ver Tablas 2 y 3

Total días efectivos dedicados Proyectista	96
Total horas efectivas (6 horas/día) Proyectista	750

Tabla 2 - Días y horas dedicadas Proyectista

Total días efectivos dedicados	5
Total horas efectivas (7,8 horas/día)	39

Tabla 3 - Días y horas dedicadas Ingeniero Industrial

#### 4.2.2 Distribución del tiempo por etapas

Queremos saber cuánto le ha costado a la empresa cada fase del proyecto. Para ello primero hay que detallar como se ha repartido la carga de trabajo en cada fase por la que se ha pasado.

En la Tabla 4 puede verse dicha distribución horaria del proyectista

Etapas	Horas Proyectista
Decisión de elaboración	15
Estimación de recursos necesarios	24
Presentación de propuesta	12
Obtención de recursos e información	200
Desarrollo de la herramienta	75
Creación y edición de la memoria	250
<b>Total:</b>	<b>576</b>

Tabla 4 - Distribución horaria Proyectista



En la Tabla 5 puede verse la correspondiente distribución horaria del ingeniero industrial.

<b>Etapas</b>	<b>Horas Ingeniero Instalaciones</b>
Decisión de elaboración	4
Estimación de recursos necesarios	13
Presentación de propuesta	0
Obtención de recursos e información	22
Desarrollo de la herramienta	0
Creación y edición de la memoria	0
<b>Total:</b>	<b>39</b>

*Tabla 5 – Distribución horaria Ingeniero Industrial*

#### 4.2.3 Cálculo de amortización del equipo y software utilizado

Para la amortización del equipo y el software utilizado se va a considerar una amortización lineal a 5 años.

El equipo que se ha utilizado consta de un ordenador portátil y una serie de softwares de Microsoft, como son Excel o Word. En la Tabla 6 se puede ver el coste de amortización por hora del equipo informático.

En la amortización se tiene en cuenta un uso horario de 6h al día, que es el horario del Projectista, ya que todo el trabajo se ha realizado en su equipo, a pesar de la formación del Ingeniero Industrial, que también ha sido ofrecida usando el mismo equipo.

Concepto	Cantidad	Coste unitario	Coste total
Portátil ASUS Intel i7 3.1GHz 8GB RAM	1	999,00 €	999,00 €
Microsoft Windows 10 Home	1	145,00 €	145,00 €
Microsoft Office 365 Personal	1	69,00 €	69,00 €
		<b>Total:</b>	<b>1.213,00 €</b>
Amortización a 5 años		<b>Amortización</b>	<b>Amortización</b>
		Diaria	0,66 €
		Horaria(6h/día)	0,11 €

*Tabla 6 – Amortización de equipos*

#### 4.2.4 Asignación de costes por etapas

Una vez se han obtenido los costes de personal y de amortización del equipo utilizado, y además también se saben las horas dedicadas a cada etapa, se pueden calcular los costes de cada una de ellas.

A partir de las Tablas 4 y 5, construimos otras dos nuevas que nos permitan ver los costes de cada una de las etapas por cada trabajador. Ver Tabla 7 y Tabla 8.

<b>Etapas</b>	<b>Horas proyectista</b>	<b>Coste (27,44 €/h)</b>	<b>Horas equipo</b>	<b>Coste (0,11€/h)</b>	<b>Coste total</b>
Decisión de elaboración	15	411,64 €	5	0,55 €	<b>412,20 €</b>
Estimación de recursos necesarios	24	658,63 €	16	1,77 €	<b>660,40 €</b>
Presentación de propuesta	12	329,31 €	4	0,44 €	<b>329,76 €</b>
Obtención de recursos e información	200	5.488,58 €	400	44,31 €	<b>5.532,89 €</b>
Desarrollo de la herramienta	75	2.058,22 €	50	5,54 €	<b>2.063,76 €</b>
Creación y edición de la memoria	250	6.860,72 €	250	27,69 €	<b>6.888,42 €</b>

Tabla 7 – Asignación de costes por etapas (Proyectista)



<b>Etapas</b>	<b>Horas Ingeniero</b>	<b>Coste (39,21 €/h)</b>	<b>Horas equipo</b>	<b>Coste (0,11€/h)</b>	<b>Coste total</b>
Decisión de elaboración	4	156,83 €	4	0,44 €	<b>157,27 €</b>
Estimación de recursos necesarios	13	509,68 €	6	0,66 €	<b>510,35 €</b>
Presentación de propuesta	0	- €	0	- €	<b>- €</b>
Obtención de recursos e información	22	862,54 €	20	2,22 €	<b>864,76 €</b>
Desarrollo de la herramienta	0	- €	0	- €	<b>- €</b>
Creación y edición de la memoria	0	- €	0	- €	<b>- €</b>

Tabla 8 – Asignación de costes por etapas (Ingeniero Industrial)

#### 4.2.5 Cálculo del coste total del proyecto

Después de calcular los costes asociados a cada etapa en función del trabajador, procedemos a sumarlos para calcular el coste total de cada una de estas. Ver Tabla 9.

<b>Etapas</b>	<b>Coste</b>
Decisión de elaboración	<b>569,47 €</b>
Estimación de recursos necesarios	<b>1.170,75 €</b>
Presentación de propuesta	<b>329,76 €</b>
Obtención de recursos e información	<b>6.397,64 €</b>
Desarrollo de la herramienta	<b>2.063,76 €</b>
Creación y edición de la memoria	<b>6.888,42 €</b>

Tabla 9 – Coste total de cada etapa



Finalmente, obtenemos el coste total del proyecto, resultado de la suma total de todas las etapas. Este será valor calculado en términos económicos del presente trabajo. Ver Tabla 10.

<b>Coste Total:</b>	<b>17.419,79 €</b>
---------------------	--------------------

*Tabla 10 - Coste Total*



# CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS







## CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

### Consecución de objetivos y conclusiones

#### Consecución de objetivos

Durante el presente proyecto se han explicado las nociones más básicas de la energía y el consumo energético, las fuentes de energía renovables, y las no renovables. Se ha desarrollado con profundidad la energía fotovoltaica, su origen físico, sus instalaciones y componentes. Toda esta información teórica, y de normativas, ha sido previamente adquirida mediante formación. Dicha formación durante unas prácticas en la empresa despertó el interés en la energía fotovoltaica.

Durante el desarrollo de la herramienta como proyectista, uno se da cuenta de la rentabilidad y ahorro que realmente supone realizar una instalación, mientras se prueba y testea la herramienta, introduciendo diferentes valores o parámetros para comprobar cómo la localización geográfica, la temperatura, la época del año, etc.... influyen en la producción de energía, y, por tanto, en el impacto económico que esta produce en los bolsillos de los consumidores.

Por tanto, se cumple el objetivo de demostrar la rentabilidad de la inversión en este tipo de energía, a través de tablas y gráficas que corroboran los datos en el software creado.

También se cumple el objetivo de realizar un análisis del entorno para poder evidenciar la viabilidad de la energía solar fotovoltaica.

Se ha cumplido el objetivo y requisito de elaborar una herramienta de uso sencillo, simple. También se ha diseñado gráficamente para ofrecer una interfaz amigable con el usuario, como se estableció en los requisitos del proyecto. Además, se ha desarrollado una guía de usuario que explica en detalle el modo de uso del programa, así como una guía para programadores, explicando su interfaz y su código en lenguaje VBA.

#### Conclusiones

Tras repasar lo hecho durante el presente Trabajo de Fin de Grado, podemos destacar como conclusión que el software desarrollado es una herramienta útil a la hora de valorar la rentabilidad y ahorro de realizar una instalación fotovoltaica para autoconsumo.

Además, la energía fotovoltaica tiene mucho potencial, y si recibe las inversiones adecuadas, además de una legalidad favorable, puede seguir creciendo con el buen ritmo actual.



La evolución de los precios acompaña a las inversiones, así como el fomento por parte del gobierno y de organizaciones internacionales. La preocupación ciudadana por el medio ambiente favorece la búsqueda de soluciones limpias y que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes.

La facilidad de instalación para consumidores particulares (no empresas comercializadoras) frente a otras energías renovables es evidente. No sólo en lo económico, sino en la facilidad técnica para realizar dicha instalación frente a las dificultades que puede requerir una instalación de otra energía renovable.

La aplicación consigue transmitir la idea de ahorro y rentabilidad que se obtiene al realizar una instalación fotovoltaica para autoconsumo. Lo hace posible gracias a la presentación de resultados claros, con tablas y gráficas, así como explicaciones en la guía de usuario.

Los costes de elaboración del proyecto, como puede comprobarse en el apartado de análisis de costes, no son excesivamente altos, siendo estos de 22.194,85 €. Teniendo en cuenta que gran parte de este coste está calculado en base a mano de obra directa de un solo trabajador (descontando las escasas horas de trabajo del Ingeniero Industrial, en comparación), no ha supuesto un desembolso extra en material, maquinaria, o investigación.

El software supondrá un impacto positivo para la empresa en la captación de clientes para instalación de energía fotovoltaica de autoconsumo.

### Líneas futuras

A lo largo del proyecto, se ha valorado la posibilidad de incluir diferentes funciones al software, adicionales a las características ya existentes dentro del mismo.

Una de las más valoradas fue la posibilidad de introducir la superficie disponible de la que dispone el usuario en metros cuadrados. Esta opción, planteada en un inicio, se descartó, principalmente, por estar el proyecto enfocado en la viabilidad y rentabilidad económica, pero también por ser una materia compleja de programar, ya que cada fabricante de paneles solares utiliza unas medidas distintas a los demás.

La posibilidad de obtener los datos de los cientos de modelos que tiene cada marca de paneles fotovoltaicos excedía la dimensión del proyecto inicial.

Esto está directamente relacionado con el hecho de que también se valoró la opción de incluir ese mismo catálogo de fabricantes antes mencionado para que incluso fuese el usuario el que eligiera la marca.



Estas opciones no solo exceden la dimensión temporal y de esfuerzo del proyecto, sino que cambia drásticamente uno de sus objetivos, el de ser una herramienta fácil de usar, y amigable con el usuario, que atraiga al cliente. Por ello, fueron descartadas.

Finalmente se apostó por una herramienta que llamase la atención al usuario final por el punto de vista que consideramos más atractivo, el económico.

Pero, a pesar de no estar incluidas estas funciones antes mencionadas, siguen resultando ideas atractivas, que pueden ser esenciales para la elaboración de una herramienta mucho más compleja, que cuente con una base de datos construida con los datos y precios de los modelos de los principales fabricantes de paneles e inversores fotovoltaicos, para así poder permitir un estudio intensivo, en el que se pueda valorar la superficie disponible, y las diferentes alternativas que presentan los propios fabricantes.

Si bien es cierto que algunos fabricantes cuentan con herramientas web, o virtuales que simulan la instalación fotovoltaica para el usuario, éstas siempre están realizadas acorde a sus parámetros y datos.

Por tanto, una herramienta de tal magnitud sería una gran idea para el fomento de la energía solar fotovoltaica.



# BIBLIOGRAFIA





## BIBLIOGRAFÍA

ALPHA SYLTEC Ingeniería S.L. (2019). Módulo 2 Instalaciones Fotovoltaicas [Manual]. Recuperado de [intranet.syltec.es/practicas/instalacionesfotovoltaicas/modulo2.pdf](http://intranet.syltec.es/practicas/instalacionesfotovoltaicas/modulo2.pdf)

ALPHA SYLTEC Ingeniería S.L. (2019). Módulo 3 Instalaciones Fotovoltaicas [Manual]. Recuperado de [intranet.syltec.es/practicas/instalacionesfotovoltaicas/modulo3.pdf](http://intranet.syltec.es/practicas/instalacionesfotovoltaicas/modulo3.pdf)

Boletín Oficial del Estado. (2019). Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC (Actualizado a octubre de 2019). Recuperado de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_ST\\_Pliego\\_de\\_Condiciones\\_Tecnicas\\_Baja\\_Temperatura\\_09\\_082ee24a.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf)

CCOO. (s.f). Jornada anual. CCOO Servicios. Recuperado de <https://www.ccoo-servicios.es/ilunioncontactcenter/pagweb/2872.html>

Código Técnico de Edificación CTE (2017). Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. CTE DB-HE 5. Recuperado de [https://www.coit.es/system/files/link\\_group/he\\_5\\_contribucion\\_fotovoltaica\\_minima\\_de\\_energia\\_electrica\\_77f479a7.pdf](https://www.coit.es/system/files/link_group/he_5_contribucion_fotovoltaica_minima_de_energia_electrica_77f479a7.pdf)

Energía renovable. (2019, 10 de octubre). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 15:17, octubre 15, 2019 desde [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Energ%C3%ADa\\_renovable&oldid=120160990](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Energ%C3%ADa_renovable&oldid=120160990).

Fraunhofer ISE. (2018). Levelized cost of electricity renewable energy technologies (March 2018). Recuperado de [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018\\_Fraunhofer-ISE\\_LCOE\\_Renewable\\_Energy\\_Technologies.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf)

IDAE. (05/04/2019). El Gobierno aprueba el Real Decreto por el que se regulan las condiciones del autoconsumo. *IDAE*. Recuperado de <https://www.idae.es/noticias/el-gobierno-aprueba-el-real-decreto-por-el-que-se-regulan-las-condiciones-del-autoconsumo>

IDAE. (2011). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (REV Julio 2011). Recuperado de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/solar-fotovoltaica>

IDAE. (2009). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura (REV enero 2009). Recuperado de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_ST\\_Pliego\\_de\\_Condiciones\\_Tecnicas\\_Baja\\_Temperatura\\_09\\_082ee24a.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf)



IDAE. (2019). Energías del mar. IDAE. Recuperado de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/energias-del-mar>

IRENA. (2017). Renewable Power Generation Costs in 2017. *International Renewable Energy Agency*. Recuperado de [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA\\_2017\\_Power\\_Costs\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf)

IPCC (2012). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN\\_Full\\_Report-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf)

Javier Sevillano. (2019). Evolución de las tarifas eléctricas. *JavierSevillano.es*. Recuperado de <https://javiersevillano.es/TarifasElectricasEvolucion.htm#>

Raúl Rejón (2015). El autoconsumo permite ahorrar en cada hogar la emisión de 1,3 toneladas de CO2. *Eldiario.es*. Recuperado de [https://www.eldiario.es/sociedad/autoconsumo-electrico-toneladas-CO2-atmosfera\\_0\\_440956674.html](https://www.eldiario.es/sociedad/autoconsumo-electrico-toneladas-CO2-atmosfera_0_440956674.html)

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión de red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. *Boletín Oficial del Estado*, de 8 de diciembre de 2011, 19242. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-19242-consolidado.pdf>

Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. *Boletín Oficial del Estado*, de 6 de octubre de 2018, 97430 a 97467. Recuperado de <https://boe.es/boe/dias/2018/10/06/pdfs/BOE-A-2018-13593.pdf>

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. *Boletín Oficial del Estado*, de 6 de abril de 2019, 35674 a 35719. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>

Tarifaluzhora. (s.f). Impuesto sobre Electricidad. *Tarifaluzhora*. Recuperado de <https://tarifaluzhora.es/info/impuesto-electricidad>

Twenergy. (abril de 2019). ¿Qué son las celdas solares orgánicas? *Twenergy*. Recuperado de <https://twenergy.com/energia/energia-solar/que-son-las-celdas-solares-organicas-2861/>





